

SCIE
Y
EN SUPPLEMENT:
DEPLIANT CONCORDE

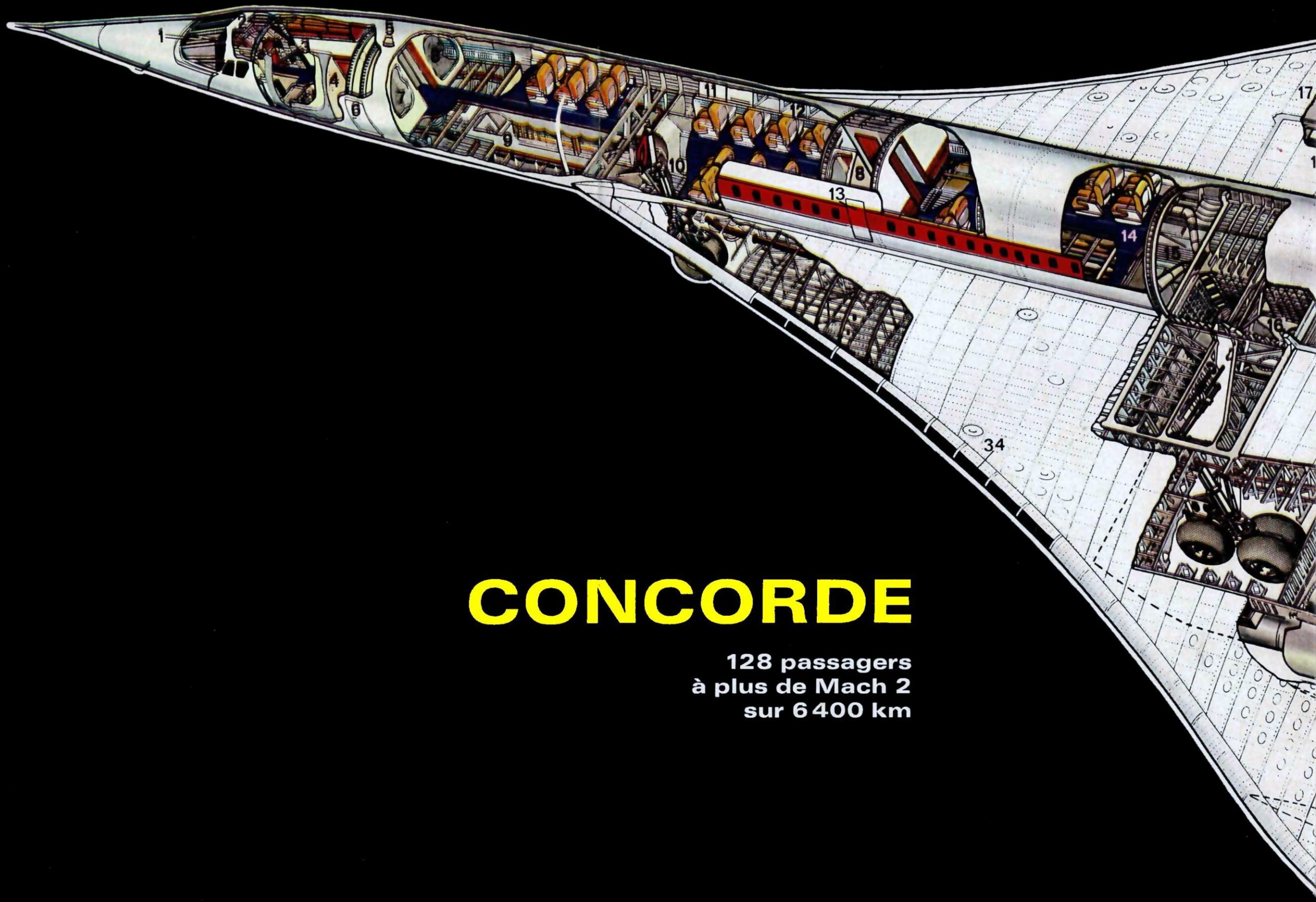
UN TRIMESTRIELLE N° 87 5 F

AVIATION 69



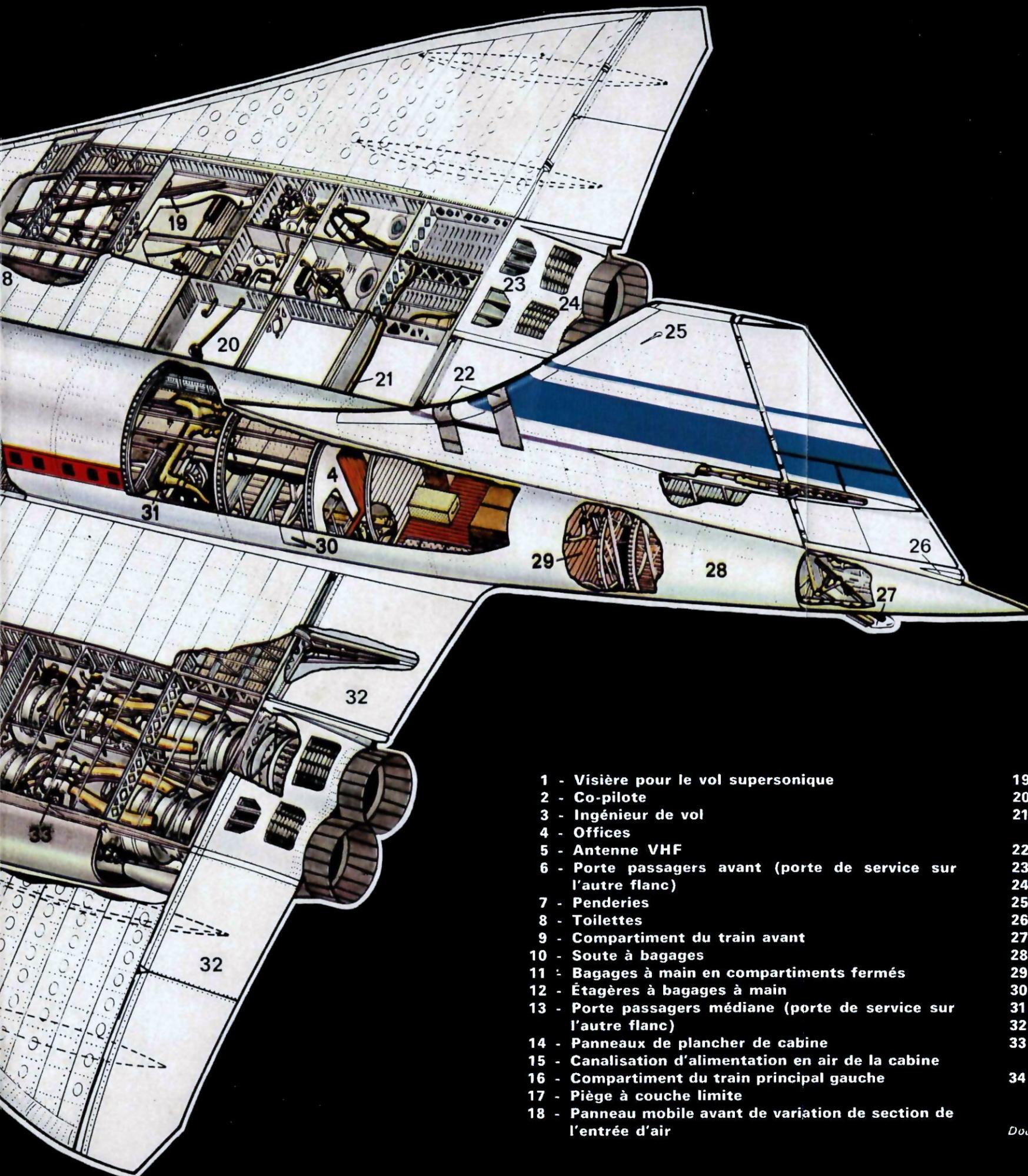
MIRAGE G

NUMERO HORS-SERIE



CONCORDE

**128 passagers
à plus de Mach 2
sur 6400 km**



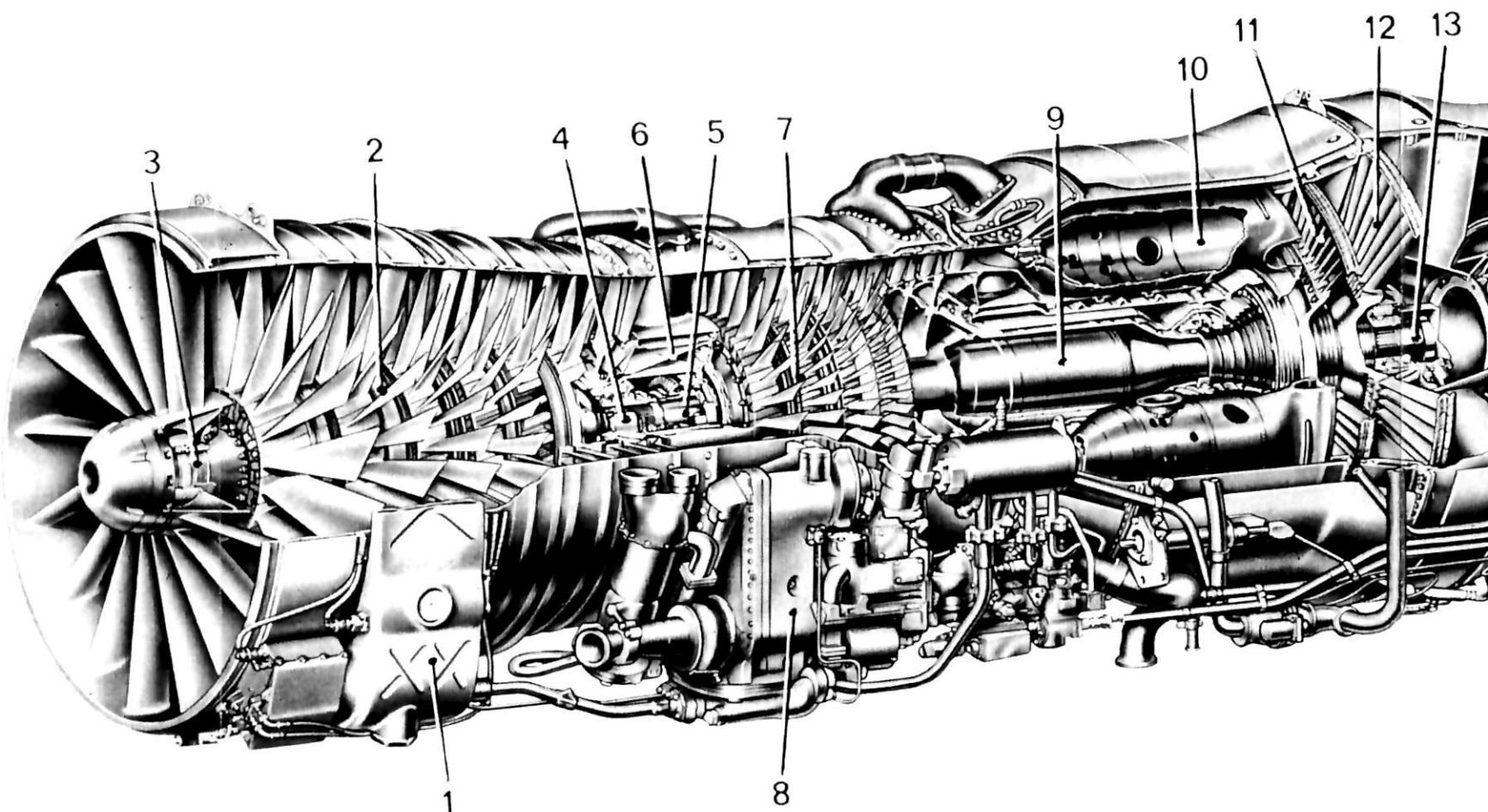
- 1 - Visière pour le vol supersonique
- 2 - Co-pilote
- 3 - Ingénieur de vol
- 4 - Offices
- 5 - Antenne VHF
- 6 - Porte passagers avant (porte de service sur l'autre flanc)
- 7 - Penderies
- 8 - Toilettes
- 9 - Compartiment du train avant
- 10 - Soute à bagages
- 11 - Bagages à main en compartiments fermés
- 12 - Étagères à bagages à main
- 13 - Porte passagers médiane (porte de service sur l'autre flanc)
- 14 - Panneaux de plancher de cabine
- 15 - Canalisation d'alimentation en air de la cabine
- 16 - Compartiment du train principal gauche
- 17 - Piège à couche limite
- 18 - Panneau mobile avant de variation de section de l'entrée d'air

- 19 - Panneau mobile arrière
- 20 - Alimentation en carburant des réacteurs droits
- 21 - Alimentation en air de la cabine (en provenance des réacteurs)
- 22 - Antenne HF
- 23 - Portes d'air tertiaire
- 24 - Éjecteurs des déviateurs de jet
- 25 - Antenne VOR
- 26 - Purge de carburant
- 27 - Béquille de queue escamotable
- 28 - Réservoir d'équilibrage arrière
- 29 - Cloison étanche arrière
- 30 - Issue de secours (autre issue sur l'autre flanc)
- 31 - Vannes d'alimentation en air de la cabine
- 32 - Élevons
- 33 - Échangeurs de température (air de cabine) sur les quatre réacteurs
- 34 - Dégivrage du bord d'attaque dans la région des entrées d'air des réacteurs

OLYMPUS 593

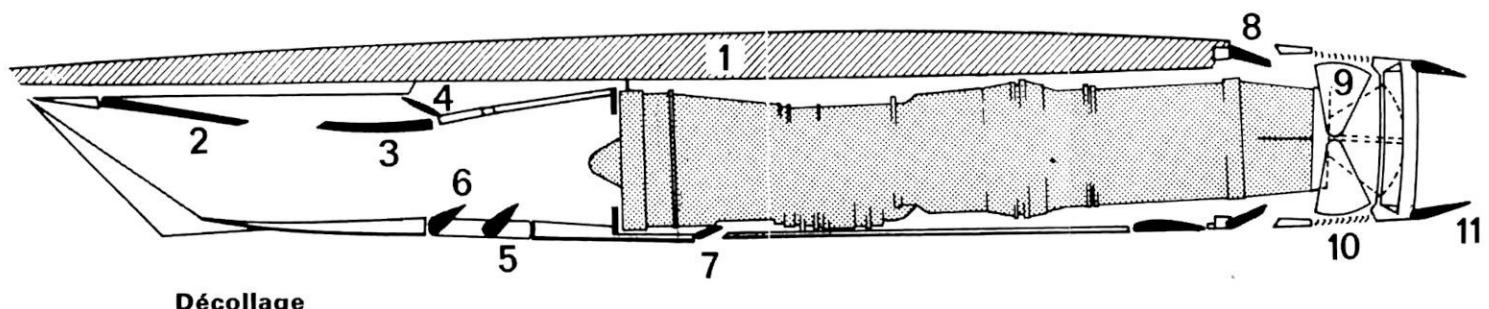
Réacteur et échappement

- 1 - Réservoir d'huile de graissage
- 2 - Compresseur basse-pression
- 3 - Palier avant du compresseur basse-pression
- 4 - Palier de poussée basse-pression
- 5 - Palier de poussée haute-pression
- 6 - Relais d'accessoires
- 7 - Compresseur haute-pression
- 8 - Pompe à carburant
- 9 - Arbre de la turbine haute-pression
- 10 - Chambre de combustion
- 11 - Turbine haute-pression
- 12 - Turbine basse-pression
- 13 - Palier basse-pression
- 14 - Rampe de postcombustion
- 15 - Élément de l'inverseur de poussée
- 16 - Tuyère primaire à section variable
- 17 - Vérins actionnant la tuyère primaire
- 18 - Échappements des inverseurs de poussée
- 19 - Portes d'air tertiaire
- 20 - Tuyère secondaire



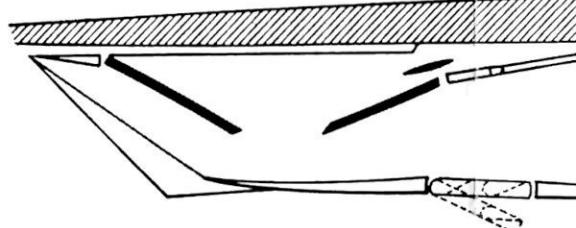
Nacelle des réacteurs

- 1 - Aile de l'avion
- 2 - Panneau mobile avant d'entrée d'air
- 3 - Panneau mobile arrière d'entrée d'air
- 4 - Vanne de commande du débit d'air secondaire
- 5 - Porte de décharge
- 6 : Volet auxiliaire
- 7 - Entrée d'air de refroidissement de la nacelle
- 8 - Porte d'entrée d'air tertiaire
- 9 - Inverseur de poussée
- 10 - Échappement de l'inverseur de poussée
- 11 - Tuyère secondaire

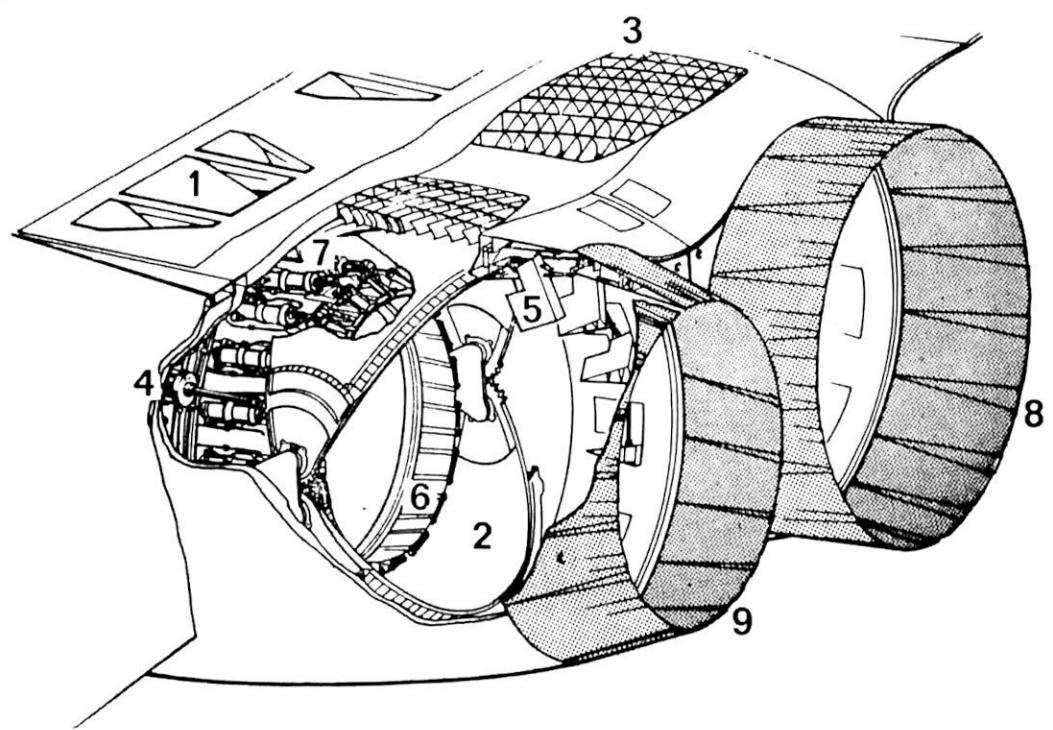
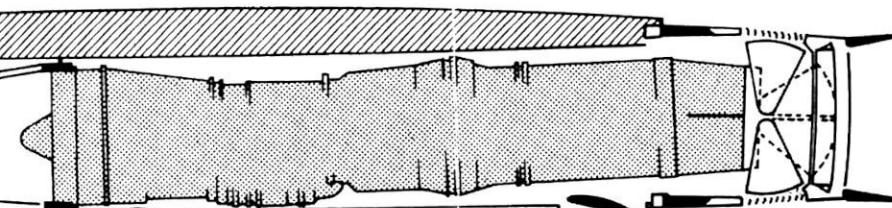
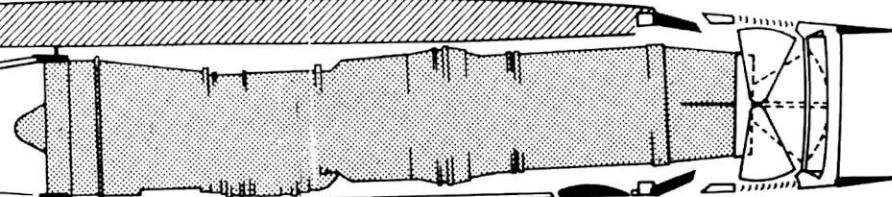
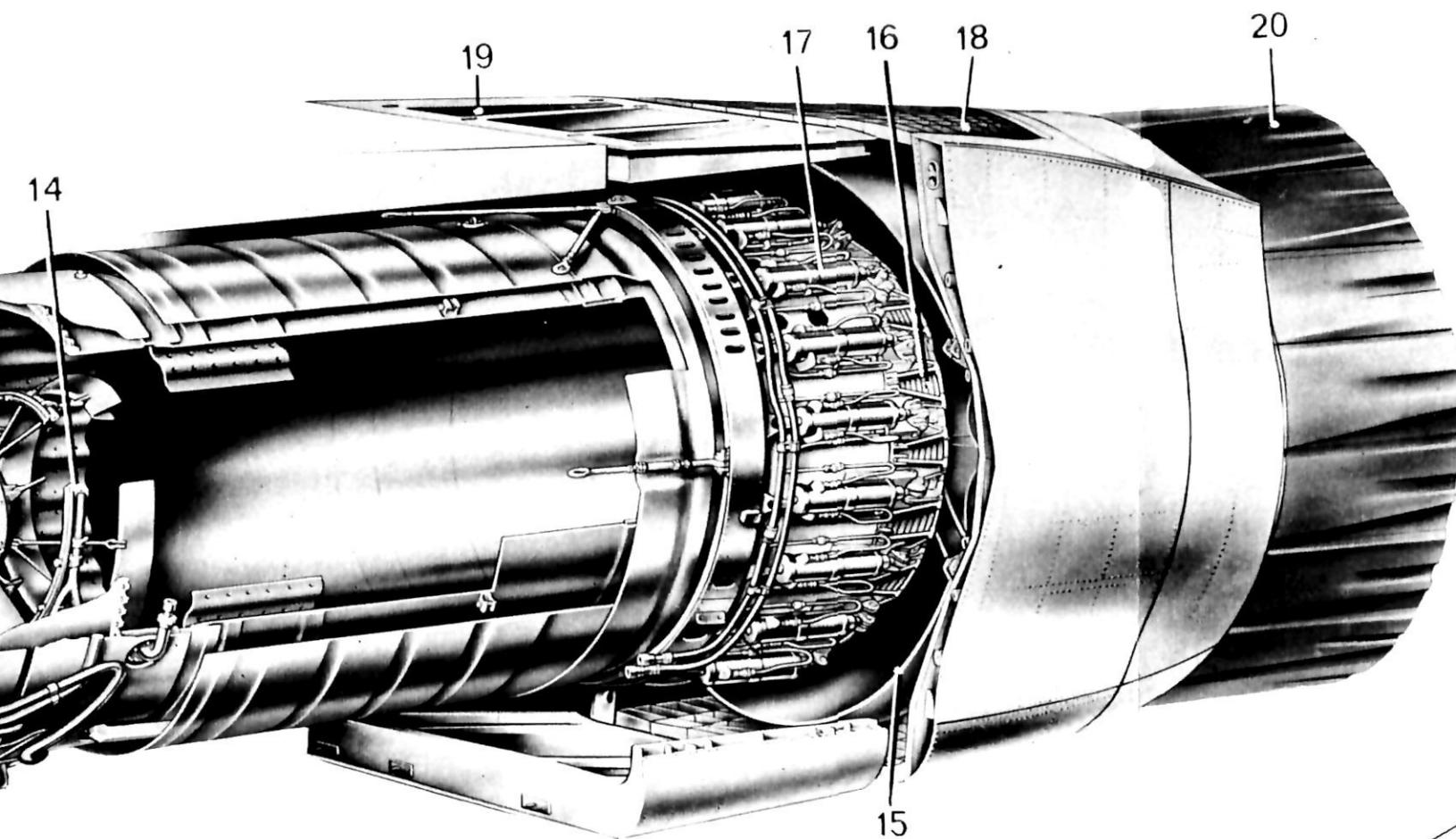


Décollage

Accélération transonique

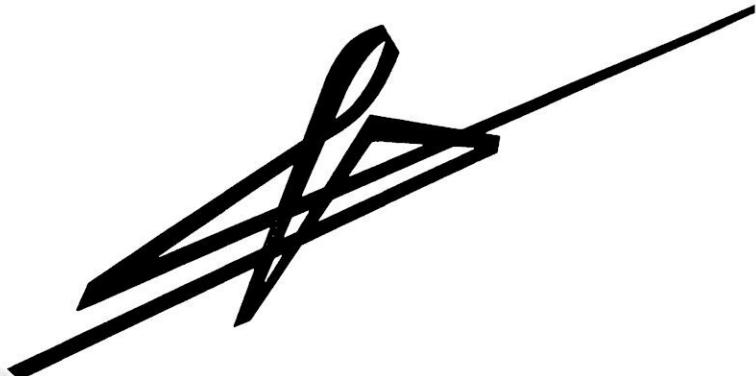
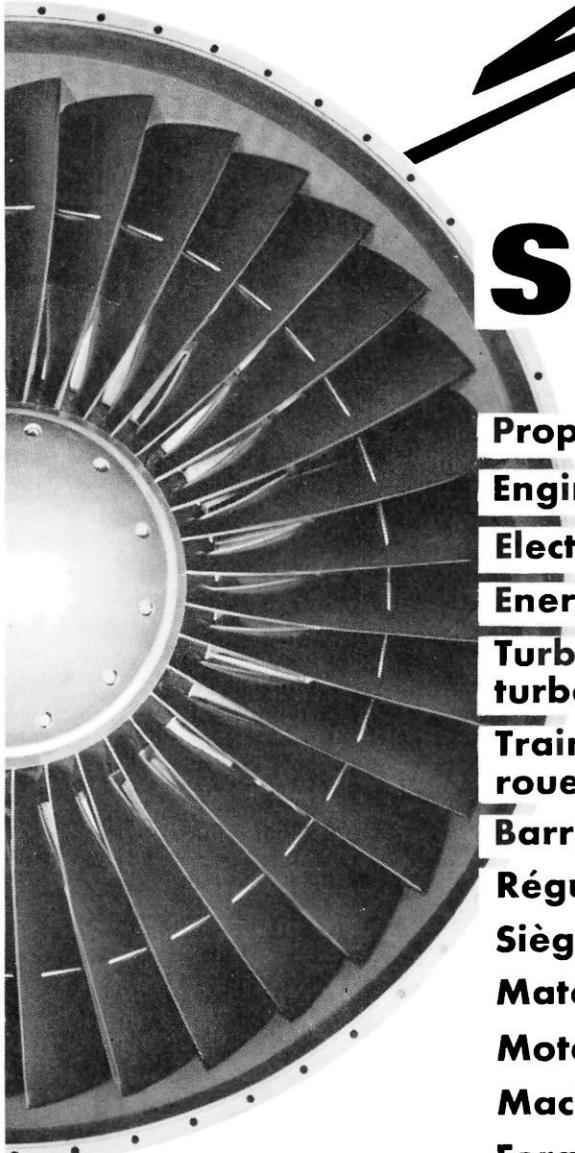


Vol supersonique



Échappement

- 1 - Portes d'air tertiaire
- 2 - Élément inférieur de l'inverseur de poussée
- 3 - Échappement d'inverseur de poussée
- 4 - Vérins de l'inverseur de poussée
- 5 - Obstacle du silencieux
- 6 - Tuyère primaire
- 7 - Vérins de la tuyère primaire
- 8 - Tuyère secondaire ouverte pour le vol supersonique
- 9 - Tuyère secondaire fermée pour le décollage



GROUPE **SNECMA**

150, BD HAUSSMANN - 75 PARIS-8^e

Propulseurs pour l'aéronautique
Engins spatiaux
Électronique
Energie nucléaire
Turbines à gaz et
turbo-compresseurs
Trains d'atterrissement,
roues et freins
Barrières d'arrêt
Régulation et équipements
Sièges éjectables
Matériels hydrauliques
Moteurs diesel
Machines-outils
Forges et Fonderies



C.N.M.P.-BERTHIEZ

VOUS AUSSI VOUS POUVEZ DEVENIR L'UN D'EUX

avec les cours par correspondance d'EURELEC.

En étudiant chez vous pendant vos moments de liberté, sans interrompre vos occupations actuelles, EURELEC vous ouvre les portes vers les professions les plus belles et les mieux payées du monde:



Radiotechnicien

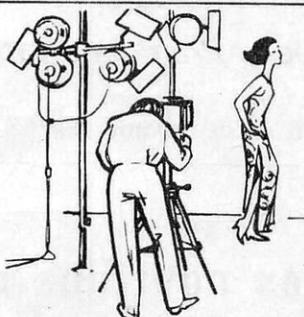


Réparateur TV
(noir et blanc et couleurs)



Electronicien

509



Photographe



Reporter- Photo



Radariste

Si vous êtes ambitieux, si vous voulez faire une carrière passionnante ou si votre travail actuel ne vous satisfait pas, indiquez-nous vos nom, prénom et adresse. Vous recevrez, immédiatement sans engagement de votre part, une très belle documentation détaillée en couleurs.

IMPORTANT

Avec EURELEC, vous recevez à la fin du cours un certificat attestant de votre formation.

Ne décidez pas maintenant

Il y a encore beaucoup de choses que vous devez savoir:

Demandez à Eurelec la documentation qui vous intéresse. Vous la recevrez gratuitement. Faites le vite, vous ne risquez rien et vous avez tout à gagner.



EURELEC

21 - Dijon

Bon à adresser à EURELEC

21 - Dijon

Veuillez m'envoyer gratuitement votre brochure illustrée n° 19 sur

- l'Électronique
- l'Electrotechnique
- la Photographie

Nom _____

Adresse _____

pour le Benelux: 11 Rue des 2 Eglises - Bruxelles IV

LES NOUVEAUX AMENAGEMENTS DE L'AEROPORT D'ORLY



Chantier du satellite en construction à l'extrémité de la jetée Ouest d'Orly-Sud. Ce satellite sera achevé à fin de 1969. Un bâtiment similaire, construit à l'extrémité de la jetée Est sera achevé pour l'été 1970.

Ces deux satellites, conçus pour recevoir les avions à grande capacité, et d'autres aménagements dans l'aérogare, permettront de porter la capacité d'Orly-Sud à neuf millions de passagers annuels.

AEROPORT DE PARIS



ETENDARD IV M
sur le pont d'envol
du porte-avions
CLEMENCEAU

LA MARINE NATIONALE vous offre la possibilité d'être MARIN ET AVIATEUR

dans l'Aéronautique Navale :

Pilote, Navigateur, Electronicien,
Mécanicien, Photographe, . . .

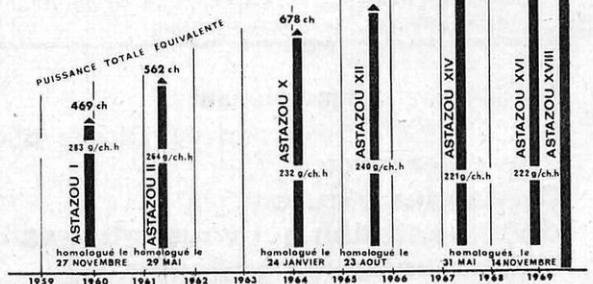
Solde élevée - Promotion rapide

Pour tous renseignements :
S.E.M. 29/2 - 15, rue de Laborde - PARIS (8^e)

les progrès continus d'un moteur de grande classe



L'ASTAZOU
DETENTEUR DE 11 RECORDS
INTERNATIONAUX



TURBOMECA

BREVETS SZYDLOWSKI

64-BORDES
FRANCE

Situation assurée

dans l'une
de ces

QUELLE QUE SOIT
VOTRE INSTRUCTION
préparez un

DIPLOME D'ÉTAT
C.A.P. - B.E.I. - B.P. - B.T.
INGÉNIUR

avec l'aide du
PLUS IMPORTANT
CENTRE EUROPÉEN DE
FORMATION TECHNIQUE
disposant d'une méthode révo-
lutionnaire brevetée et des La-
boratoires ultra-modernes pour
son enseignement renommé.

branches techniques d'avenir

lucratives et sans chômage :

ÉLECTRONIQUE - ÉLECTRICITÉ - RADIO-
TÉLÉVISION - CHIMIE - MÉCANIQUE
AUTOMATION - AUTOMOBILE - AVIATION
ÉNERGIE NUCLÉAIRE - FROID
BÉTON ARMÉ - TRAVAUX PUBLICS
CONSTRUCTIONS MÉTALLIQUES - ETC.
ÉTUDE COMPLÈTE de TÉLÉVISION COULEUR

par correspondance et cours pratiques



Notre Labo. de Télécommunication



Notre Labo. d'Électronique Industrielle

Stages pratiques gratuits dans les Laboratoires de l'Etablissement — Possibilités d'allo-
cations et de subventions par certains organismes familiaux ou professionnels - Toutes
références d'Entreprises Nationales et Privées.

Pour les cours pratiques, Etablissement légalement ouvert par décision de Monsieur le
Ministre de l'Education Nationale, Réf. n° ET5 4491.

DEMANDEZ LA BROCHURE GRATUITE A.11 à :



ECOLE TECHNIQUE
MOYENNE ET SUPÉRIEURE DE PARIS

94. rue de Paris - Charenton-Paris

Pour nos élèves belges BRUXELLES : 22, av. Huart-Hamoir - CHARLEROI : 64, bd Joseph II

VIVEZ EN 1969 ET NON 40 ANS EN ARRIERE !

Pour éviter les dangers de la route...
Pour ignorer de pénibles limitations de vitesse...

Pensez à l'avion ... à VOTRE AVION



Le DR 253 « Régent », avion de voyage-affaires.
240/270 km/h de croisière ; 180 cv; 4/5 places
Dans la gamme « personnalisée » (8 modèles de 100 à 180 cv) du Centre Est Aéronautique, il y a l'appareil qui convient parfaitement à vos loisirs, à vos affaires.
Performances - Economie - Confort - Sécurité
Documentation - Essais :
Avions P. ROBIN - C.E.A. Dijon-France
B. P. 38 - Tél. 35.29.18 - 35.29.19

SEREB



SOCIETE
POUR L'ETUDE
ET LA REALISATION
D'ENGINS BALISTIQUES
6 Quai National 92 Puteaux

SI FACILE!....



CENTRE D'INSTRUCTION

FREJEAN 72, Bd Sébastopol (S.V.) **PARIS 3^e**
TÉL. 272-85-87 — MÉTRO: Réaumur-Sébastopol

EN 4 MOIS
1500 F PAR MOIS
AU DÉPART
MAXIMUM ILLIMITÉ
EN DEVENANT COMME LUI
OPÉRATEUR
PROGRAMMEUR
ANALYSTE } SUR
} MATÉRIEL
} **I.B.M.**

- ★ Aucun diplôme exigé
- ★ Cours personnalisés par correspondance
- ★ Conseils gratuits des professeurs
- ★ Exercices progressifs
- ★ Situation d'avenir
- ★ Documentation gratuite sur simple demande

380 CARRIERES

pour mieux gagner votre vie et assurer votre avenir

70 CARRIERES COMMERCIALES

Aide comptable - Comptable commercial, industriel - Représentant voyageur - Adjoint au directeur commercial - Technicien du commerce extérieur - Ingénieur directeur commercial - Secrétaire comptable - Inspecteur des ventes - Anglais usuel - Ingénieur directeur technique commercial (entreprises industrielles) - Agent d'assurances - Correspondant commercial en anglais - Agent d'immeubles - Mécanographe comptable - Directeur administratif ou secrétaire général - Secrétaire - Secrétaire commercial, juridique, de direction - Agent publicitaire, etc...



90 CARRIERES INDUSTRIELLES

Monteur dépanneur radio TV - Mécanicien automobile - Dessinateur industriel, en bâtiment, caoutchouc, en chauffage central, électrique, en travaux publics, en béton armé - Monteur électricien - Chef de chantier bâtiment - Maitre en bâtiment - Agent de planning - Conducteur de travaux bâtiment - Analyste du travail - Technicien du bâtiment - Esthéticien industriel - Contremaitre - Chef monteur électricien - Technicien électronicien - Chef de chantier travaux publics - Chef magasinier - Comptable de main d'œuvre et de paie - Chef monteur dépanneur radio TV, etc...

60 CARRIERES DE LA CHIMIE

Conducteur d'appareils en industries chimiques - Aide chimiste - Technicien en caoutchouc - Entrepreneur d'articles en matières plastiques - Technicien de transformation des matières plastiques - Préparateur en pharmacie - Technicien en tissage - Technicien du traitement des textiles - Monteur frigoriste - Chimiste du raffinage de pétrole - Technicien thermicien - Technicien en pétrochimie - Laborantin médical - Technicien des textiles synthétiques - Soudeur etc...



60 CARRIERES AGRICOLES

Sous-ingénieur agronome - Technicien en agronomie tropicale - Chef de cultures - Dessinateur paysagiste - Elevageur - Entrepreneur de jardins paysagers - Mécanicien de machines agricoles - Directeur d'exploitation agricole - Aviculteur - Technicien en alimentation pour animaux - Fleuriste - Comptable agricole - Jardinier - Conseiller agricole - Horticulteur (fleurs, légumes, formation complète) - Gard-chasse - Technicien de laiterie - Contremaitre mécanicien de machines agricoles - Chimiste contrôleur de laiterie - Arboriculteur fruitier - Pépiniériste - Négociant en bois, etc...

100 CARRIERES FÉMININES

Assistante secrétaire de médecin - Auxiliaire de jardins d'enfants - Secrétaire commerciale, comptable, juridique, sociale, de direction, d'assurances - Adjointe en publicité - Sténodactylographe - Décoratrice ensemble - Script girl - Couturière - Dactylo - facturière - Hôtesse d'accueil - Laborantine médicale - Infirmière - Rédactrice de mode - Étala-giste - Aide étala-giste et chef étala-giste - Anglais usuel - Assistante dentaire - Esthéticienne - Correspondancière commerciale en anglais - Sténographe - Comptable commerciale, industrielle - Vendeuse - Assistante etc...



Un de ces guides de 170 pages est
GRATUIT
POUR VOUS

Vous pouvez d'ores et déjà envisager l'avenir avec confiance et optimisme si vous choisissez votre carrière parmi les 380 professions sélectionnées à votre intention par UNIECO (Union Internationale d'Écoles par Correspondance), groupement d'écoles spécialisées.

Retournez-nous le bon à découper ci-contre, vous recevrez gratuitement et sans aucun engagement notre documentation complète et notre guide en couleurs illustré et cartonné sur les carrières envisagées.

BON

pour recevoir GRATUITEMENT

notre documentation complète et le guide officiel UNIECO sur les carrières que vous avez choisies (faites une croix)

- 70 CARRIERES COMMERCIALES
- 90 CARRIERES INDUSTRIELLES
- 60 CARRIERES DE LA CHIMIE
- 60 CARRIERES AGRICOLES
- 100 CARRIERES FÉMININES

(écrire en majuscules)

NOM

ADRESSE

UNIECO

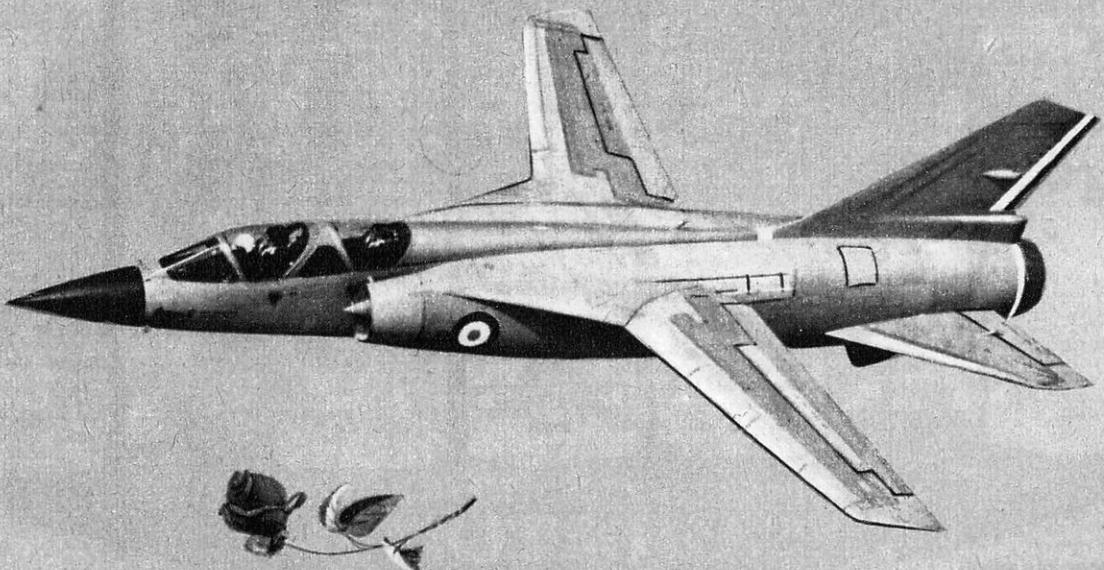
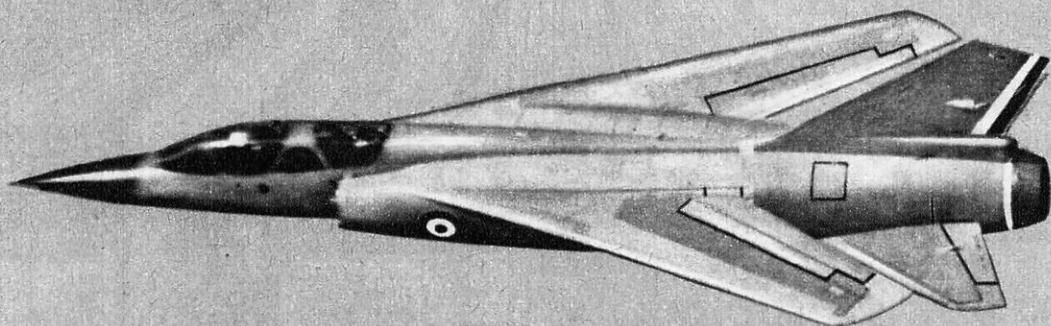
184G RUE DE CARVILLE 76-ROUEN

Votre réussite dépend de la carrière que vous aurez choisie et du soin que vous aurez apporté à vous y préparer.

Avant de décider de votre profession consultez UNIECO qui d'abord vous conseillera et vous orientera et ensuite vous prodigera l'enseignement "sur Mesure" par correspondance le mieux adapté à votre cas particulier avec stages et travaux pratiques (si vous le désirez).

Préparation à tous les C.A.P. - B.P. - B.T.

RAPIDE COMME UNE FLÈCHE
IL SE POSE COMME UNE FLEUR



C'EST
L'AVION A GÉOMÉTRIE VARIABLE
FRANÇAIS

AVIONS MARCEL DASSAULT



Les études théoriques menées depuis un an par les Avions Marcel Dassault, suivies de plusieurs campagnes d'essais au banc des éléments principaux, ont permis de matérialiser le prototype du Mirage G qui, depuis un an, a témoigné d'incontestables qualités de vol. (dessin de P. Lengellé)

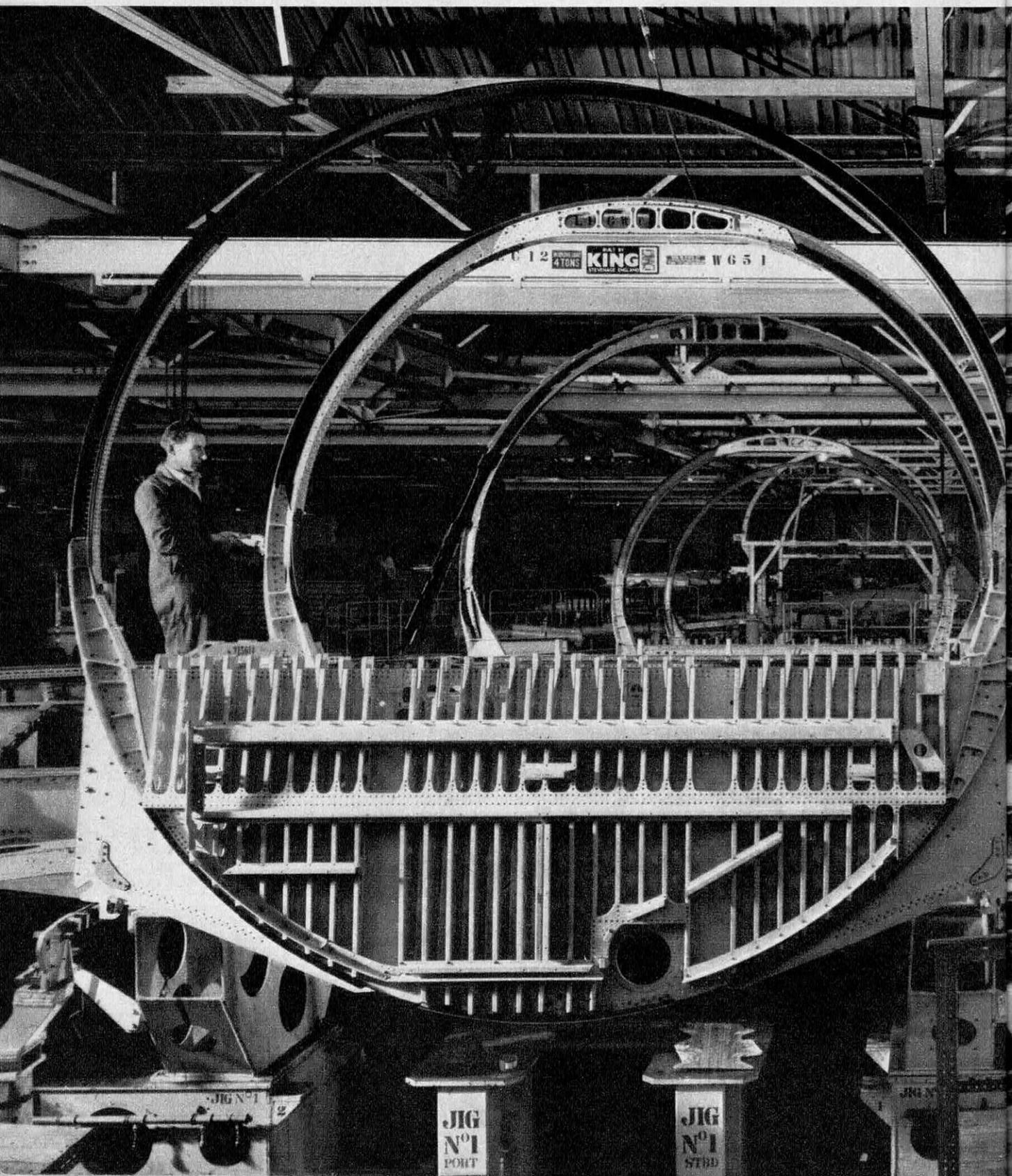
SOMMAIRE DU N° HORS-SÉRIE AVIATION 69

LES GRANDES TENDANCES DE L'AÉRONAUTIQUE MONDIALE	8
AIRBUS ET AVIONS GÉANTS	44
L'ÈRE SUPERSONIQUE EST OUVERTE	54
L'ÉVOLUTION DES PROPULSEURS	72
ROISSY-EN-FRANCE, RÉALITÉ DE DEMAIN	84
LES DISPOSITIFS ANTI-COLLISIONS	95
UNE MÉTAMORPHOSE NÉCESSAIRE	98
LES TECHNIQUES AVANCÉES DU VOL VERTICAL	110
UNE RÉVOLUTION TECHNOLOGIQUE : LES COMPOSITES	122
VERS L'AVION DE COMBAT DE L'AN 2000	132
L'AVION DE COMBAT, SYSTÈME D'ARMES ..	142

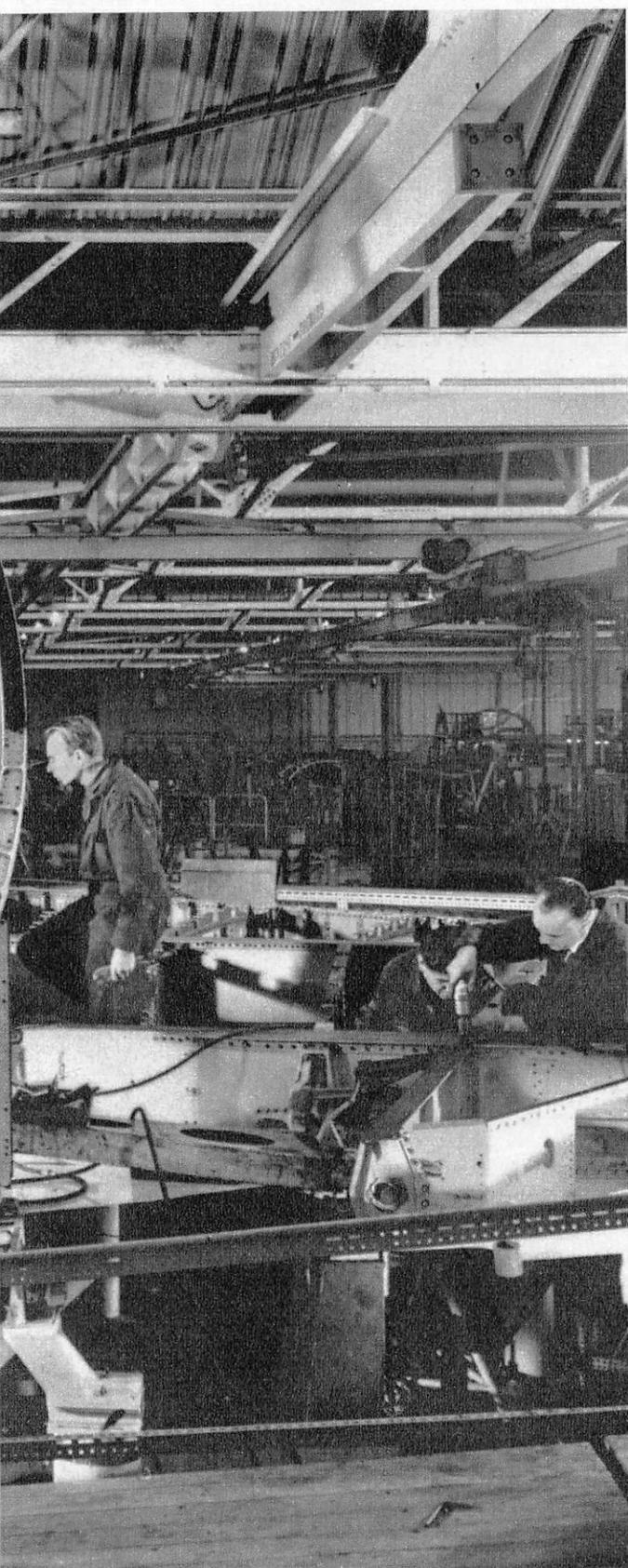
Tarif des abonnements : UN AN. France et États d'expr. française, 12 parutions : 35 F (étranger : 40 F); 12 parutions envoi recom. 51 F (étranger 72 F); 12 parut. plus 4 numéros hors série : 50 F (étranger : 58 F); 12 parut. plus 4 numéros hors série envoi recom. : 71 F (étranger : 100 F). Règlement des abonnements : Science et Vie, 5, rue de la Baume, Paris. C.C.P. PARIS 91-07 ou chèque bancaire. Pour l'Étranger par mandat international ou chèque payable à Paris. Changements d'adresse : poster la dernière bande et 0,60 F en timbres-poste. — Belgique, Grand Duché de Luxembourg et Pays-Bas (1 an) : service ordinaire FB 300, service combiné, FB 450. Règlement à Edimonde, 10, boulevard Sauvérien, C.C.P. 283-76, P.I.M. service Liège. — Maroc : règlement à Sochepress, 1, place de Bandoeng, Casablanca, C.C.P. Rabat 199.75.

Directeur général : Jacques Dupuy. Rédacteur en chef : Jean Bodet. Direction, Administration, Rédaction : 5 rue de la Baume, Paris-8^e. Tél. : Élysée 16-65. Chèque Postal : 91-07 PARIS. Adresse télégr. : SIENVIE PARIS. Publicité : Excelsior Publicité, 2, rue de la Baume, Paris 8^e (Ély 87-46). Correspondants à l'étranger : Washington : « Science Service », 1719 N Street N.W. Washington 6 D.C. New York : Arsène Okun, 64-33 99th Street, Forest Hills 74 N.Y. Londres : Louis Bloncourt, 38, Arlington Road, Regent's Park, Londres N.W.I.

LES GRANDES TENDANCES D'



E L'AERONAUTIQUE MONDIALE



Qu'il porte les cocardes des forces armées ou l'immatriculation des flottes civiles, l'avion connaît des emplois très nombreux, ce qui explique que l'industrie aéronautique dans son ensemble soit si florissante, encore que certaines de ses branches connaissent parfois des baisses passagères de plans de charges.

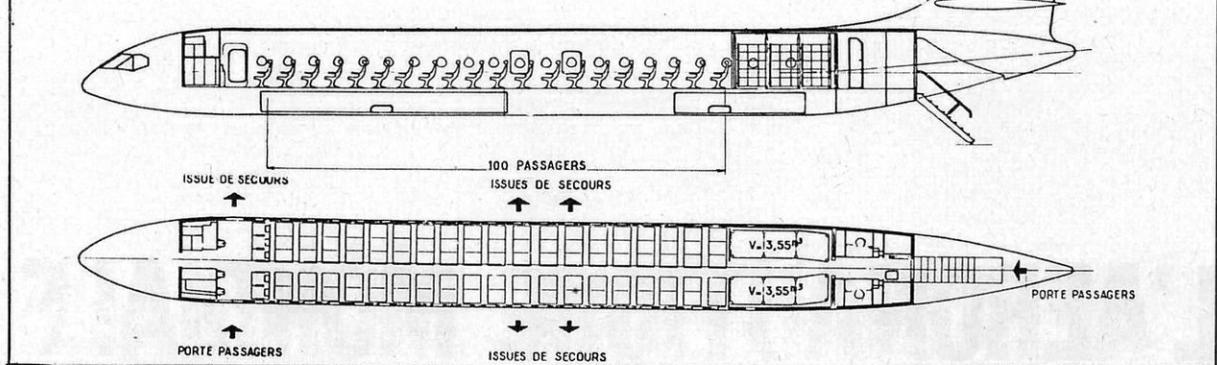
L'industrie aéronautique est aussi un facteur de prestige national et d'autonomie politique ainsi qu'un moteur efficace du développement industriel et du progrès technologique. Aussi de nombreuses nations, même parmi celles récemment parvenues à l'indépendance et dont l'économie est encore chancelante, s'évertuent-elles à mettre sur pied sur leur territoire les bases d'une telle industrie. Sur le plan mondial, l'évolution de l'industrie aéronautique est influencée par le prix sans cesse croissant des avions modernes. Des entreprises puissantes, qui disposaient hier de carnets de commandes florissants, se voient ainsi contraintes à des mariages de raison. Faute de pouvoir toujours s'offrir l'avion de combat qu'ils souhaitent ou l'appareil de transport qu'exige l'équilibre de leur trafic aérien, les gouvernements se trouvent de la même façon contraints à des alliances qui, bien souvent, ne vont pas sans heurts.

L'industrie aéronautique connaît en Europe des situations insolites par la juxtaposition des exigences de la coopération internationale et des lois de la concurrence industrielle. Deux industries, bien entendu, dominent de part et d'autres de la Manche. Parfois associées, elles tentent dans d'autres cas de faire balancer dans leur camp l'un ou l'autre des pays d'Europe.

Au terme d'un processus assez chaotique, où des décisions fracassantes se trouvèrent remises en cause, puis reprises deux ans après, l'industrie aérospatiale française connaîtra, à partir de 1970, une architecture nouvelle qui est déjà nettement dessinée.

Faute de pouvoir alimenter en crédits d'études et en commandes de série l'ensemble des industries nationalisées et privées, l'autorité

Dans les ateliers de Hawker-Siddeley Aviation, à Hatfield, prennent forme les fuselages des premiers triréacteurs Trident « Three » commandés par les B.E.A.



Lancée à l'initiative

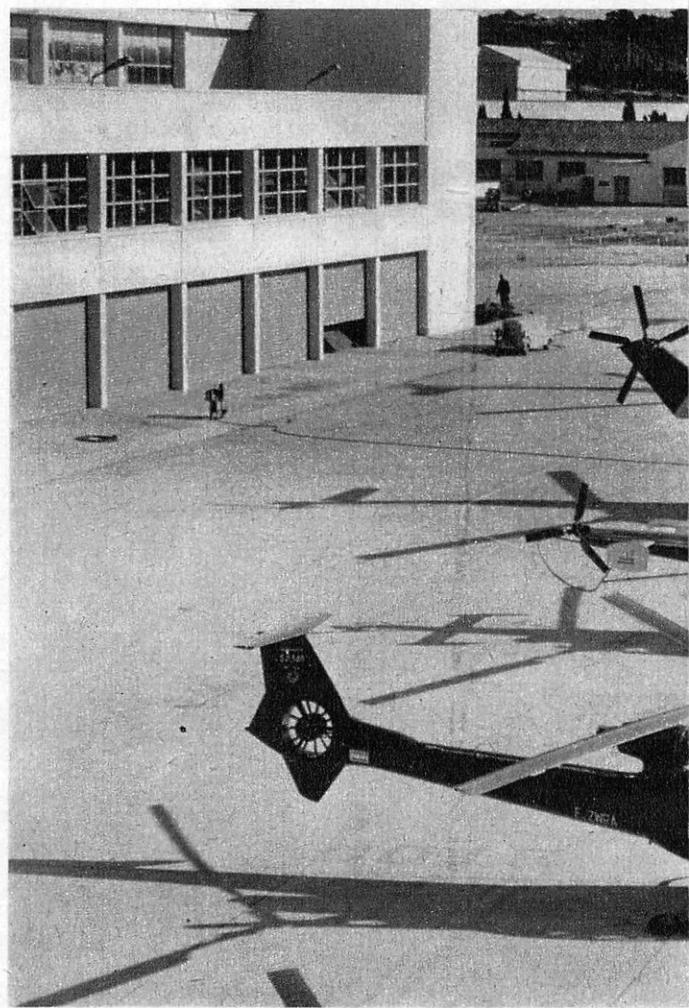
— malheureusement un peu tardive — de Sud-Aviation, la Caravelle 12 devrait pouvoir prolonger la carrière industrielle de cet avion. Le fuselage allongé permet d'emporter 134 passagers contre 106 pour la Super Caravelle. Dans la version ci-dessus pour 100 passagers, l'arrière de la cabine reçoit 7,10 m³ de fret.

de tutelle de l'industrie aéronautique — le Ministère des Armées — a accéléré un processus de regroupement. Dès 1968, les avions Marcel Dassault ont pris le contrôle de Breguet-Aviation, tandis que Sud-Aviation absorbait Potez, et la SNECMA Hispano-Suiza. Breguet, cependant, a gardé son autonomie et poursuit ses programmes propres, avec l'aide financière et technique de Dassault.

La réorganisation du secteur nationalisé a été plus difficile. Après qu'ait été envisagée l'organisation de trois entreprises respectivement spécialisées dans les avions et hélicoptères, les fusées et engins, et l'Espace, l'idée fut avancée d'une seule société regroupant toutes ces activités dans des divisions techniquement, industriellement et, dans une certaine mesure, financièrement autonomes. Cette solution eût donné naissance à un groupe de taille internationale groupant 40 000 personnes et assurant un chiffre d'affaires de l'ordre de 2,5 milliards de francs. Son application fut retardée, officiellement pour des raisons pratiques, plus probablement pour des questions de personnes. L'industrie nationalisée s'est trouvée en effet être plusieurs fois le « point de chute » de grands serviteurs de l'Etat en mal de postes à la hauteur de leurs ambitions, mais dont aucun ne « faisait le poids » pour assumer la charge d'une telle restructuration.

Les soucis de Sud-Aviation

Libéré de ses fonctions par l'entrée de Breguet au sein du groupe Dassault, l'ingénieur général Henri Ziegler s'est vu proposer, l'été dernier, la présidence de Sud-Aviation, qu'il a acceptée. Pilote, polytechnicien, gestionnaire averti et dynamique, ardent promoteur de la collaboration européenne, M. Henri



De l'hélicoptère léger SA-341 (au premier plan), au Super-Frelon, la gamme de Sud-Aviation est une des plus complètes qui soient. En deuxième position, l'Alouette III, puis le SA-330, puis deux Super-Frelon en versions travail aérien et transport de passagers. Tous ces modèles font une très belle carrière internationale.

Ziegler est venu donner un souffle nouveau à Sud-Aviation. On voit généralement en lui le catalyseur du futur groupe national. Les retards du passage de Concorde au stade de fabrication, du fait des décalages des essais en vol, et les tergiversations des gouvernements autour du projet « Airbus » sont venus s'ajouter à la baisse de production des

Caravelle, dont la série touche à sa fin, pour créer un vide angoissant. L'ensemble des usines du groupe participant au programme Caravelle, la diminution des ventes a été très largement ressentie ; d'autant plus qu'à l'usine de Bouguenais où sont produites les voilures de Caravelle, arrivait simultanément la fin du programme de fabrication des voitures de Breguet Atlantic. Les commandes



passées pour cet avion par la Hollande et l'Italie ont été une première mesure favorable. Il a de plus été décidé — peut-être trop tardivement — de lancer une Caravelle 12 allongée pour 134 passagers. Sans présenter tous les attraits des avions de la nouvelle génération, ce moyen-courrier de 134 places peut séduire un certain nombre de clients, au nombre desquels on cite Finnair, Sterling Airways et les C.S.A. tchécoslovaques. En tout, 25 unités de ce modèle pourraient être produites d'ici 1972, portant la série totale des Caravelle au-delà des 300 unités.

D'aucuns voient dans le lancement de cette Caravelle 12 une offensive contre le projet Mercure de Dassault. De fait, les capacités des deux avions sont du même ordre, mais ils appartiennent à deux générations différentes : le premier pourrait être disponible sur le marché dans moins de deux ans, le second dans quatre ans au plus tôt.

Palliatif dans l'immédiat aux problèmes d'emploi de Sud-Aviation, la Caravelle 12 ne sera pas cependant suffisante. C'est pourquoi le lancement de l'Airbus A 300-B apparaît comme une nécessité, surtout si l'on veut donner à l'Europe une chance d'alimenter, au moins pour une partie, le marché d'avions commerciaux qu'elle représente.

Des hélicoptères à l'Espace

La division Hélicoptères de Sud-Aviation, utilisatrice des installations de Marignane, poursuit ses ventes de la manière la plus dynamique. Elle offre actuellement une gamme très complète, du Super-Frelon, en versions

Hélicoptère classique par excellence, robuste, sûr, économique à l'emploi, l'Alouette III est le cheval de bataille de Sud-Aviation. L'adaptation de nouvelles turbines a permis d'améliorer les performances en même temps que la consommation spécifique.





photo Jean PERARD

La SOCATA, division avions légers de Sud-Aviation, continue le développement du Rallye, monomoteur de tourisme et de travail dont les qualités de robustesse et de sécurité ne sont plus à prouver. Il est ici équipé d'un atterrisseur spécial à skis.

civiles et militaires, à l'Alouette II rajeunie par le montage d'une turbine Astazou qui offre plus de puissance pour un poids installé et une consommation moindres. Entre ces deux extrêmes, se placent le biturbine SA-330, l'Alouette III de sept places et le SA-341 à rotor rigide, futur successeur de l'Alouette II. Avec le WG-13 développé sous maîtrise d'œuvre Westland, les SA-330 et 341 font partie d'un programme franco-britannique.

En 1968, Sud-Aviation a vendu 265 hélicoptères et, à la fin de la même année, les ventes pour l'ensemble de la gamme s'établissaient comme suit: Super-Frelon, 48 appareils ; SA-330, 102 appareils ; Alouette III, 713 appareils ; Alouette II, 1 140 appareils. Extrêmement actifs, les bureaux d'études préparent la génération future et travaillent sur divers projets de formules nouvelles. La grande chance de Sud-Aviation au cours de ces dernières années en matière d'hélicoptères a été le prolongement de la guerre du Vietnam qui maintient une forte demande militaire chez les constructeurs américains. En libérant le potentiel de Bell, Sikorsky, Hughes, Fairchild-Hiller, la fin des hostilités dans le Sud-Est asiatique rendrait beaucoup plus difficile la tâche des prospecteurs de Sud-Aviation. Il faut tenir compte aussi d'Augusta, licencié de Bell en Italie, qui tend à développer ses ventes dans la zone d'influence française, notamment dans les pays arabes. Néanmoins, la réputation des hélicoptères français est réelle et tout permet de croire que cette division de Sud-Aviation poursuivra son développement sans trop de difficultés.

Sud-Aviation travaille aussi dans le domaine des missiles et de l'Espace. Elle collabore aux différents programmes de la SEREB et partage avec Nord-Aviation la réalisation du programme «Pluton» de missile nucléaire tactique de moyenne portée. Ce programme a subi, ces dernières années, quelques difficultés budgétaires, mais le passage au stade industriel reste prévu pour une entrée en service en 1971. Toujours à l'actif de Sud-Aviation, citons la gamme de fusées-sondes Bélier, Centaure, Eridan, dont plusieurs centaines ont été construites et en bonne partie exportées.

Les avions légers français

Née de la reprise par Sud-Aviation des moyens de production, avoirs et créances des Etablissements Morane-Saulnier, la SOCATA (SOciété de Construction d'Avions de Tourisme et d'Affaires) est aujourd'hui une division parfaitement autonome dont tous les services viennent d'être regroupés à Tarbes, sur les lieux de production. Logique du point de vue industriel, cette décision est contestable en ce qui concerne les services commerciaux dont la décentralisation va compliquer les contacts avec la clientèle parisienne et étrangère.

En 1968, SOCATA a vendu 310 avions, contre 267 en 1967, soit une augmentation de 16 % et 44,50 % du marché national des monomoteurs.

Les deux chevaux de bataille de la firme sont le Rallye et l'Horizon, tous deux quadriplaces. Le premier, remarquable par sa sécurité et ses qualités de vol aux basses vitesses, est proposé en plusieurs versions super-économiques ou super-puissantes. Quant à l'Horizon, de performances plus brillantes, il est pénalisé, par rapport à ses concurrents étrangers, par l'exiguïté de sa cabine.

Dans le but de renouveler et d'élargir sa gamme, SOCATA a donné un dérivé à l'Ho-



Le Nord-262, biturbine de moyen tonnage pour réseaux régionaux, poursuit une carrière discrète sous les couleurs de nombreuses compagnies et, depuis peu, de l'Armée de l'Air et de l'Aéronavale. Une nouvelle version aux possibilités accrues est en essais.

rizon, le ST-10, le Rallye 7 succédant au Rallye. Conservant certains éléments d'origine, ces deux appareils ont à la fois des performances et une capacité accrues. D'autres projets, de bimoteurs notamment, sont à l'étude, tandis que des accords internationaux visant à une harmonisation des productions sont envisagés.

Plus modeste, mais tout aussi dynamique, la société Centre-Est-Aéronautique est le dernier tenant en France des avions légers en bois. La société travaille toutefois depuis plusieurs années la question des avions métalliques. Elle a tiré le meilleur profit de la formule des Jodel. Ses plus récentes productions, à train classique ou tricycle, sont finement réalisées au point d'avoir des performances supérieures à celles de certains concurrents à train rentrant, plus chers à l'achat et à l'emploi. Sept modèles sont en production courante et sortent à la cadence de 10 à 12 unités par mois.

Dans cette catégorie de matériels, la production française est complétée par Reims-Aviation, licencié de Cessna, et par Wassmer, producteur bien connu de planeurs, mais aussi de divers types d'avions légers, dont le premier appareil entièrement en plastique moulé construit en série dans le monde.

Nord-Aviation prépare la fusion

Deuxième constructeur nationalisé et futur partenaire de Sud-Aviation, Nord-Aviation est momentanément dans une situation industrielle aisée. Elle le doit à la série du transport militaire franco-allemand Transall,

actuellement à plein rendement, et à celle du petit transport Nord-262 qui, discrètement, poursuit sa carrière. Elle le doit aussi aux engins tactiques qui représentent une fraction importante du chiffre d'affaires.

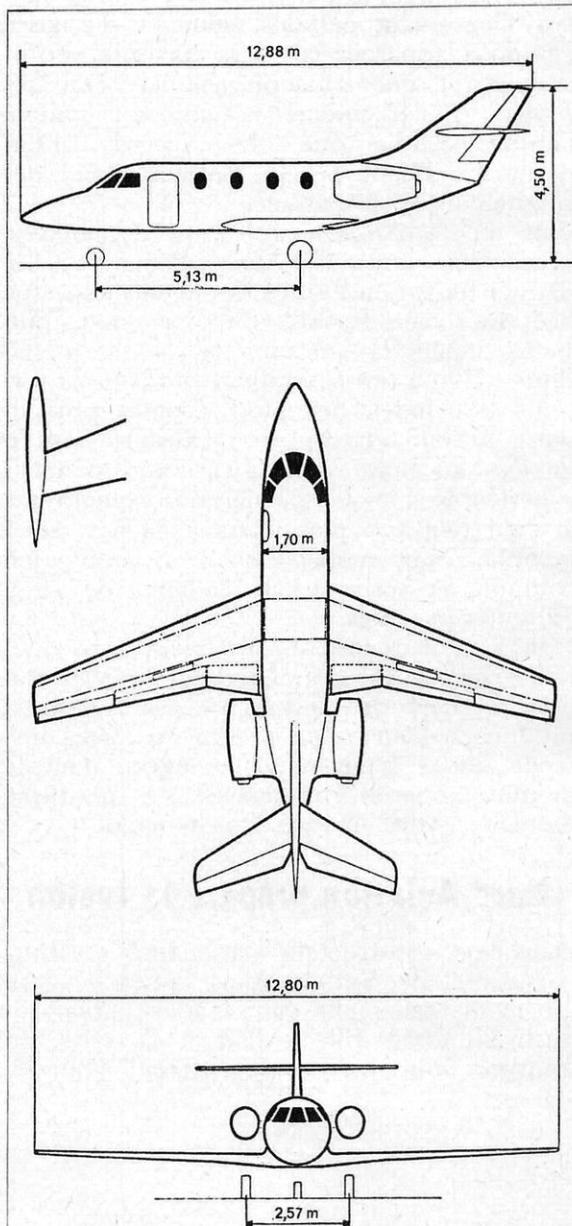
Malgré des efforts méritoires, les exportations du Transall risquent de se limiter à la dizaine d'exemplaires vendus à l'Afrique du Sud, tandis que s'estompe l'espoir d'en voir un jour une version civile. Quant au Nord-262, injustement décrié comme trop classique, il se vend de par le monde par petits paquets d'une ou deux unités. C'est ainsi que Fokker est parvenu à placer 500 Friendship... L'Aéronavale, l'Armée de l'Air et le Service de la formation aéronautique sont intervenus en force en commandant une soixantaine d'exemplaires, ce qui permettra de maintenir la chaîne en activité suffisante et de poursuivre les prospections à l'étranger. Cette action devrait être facilitée par l'apparition d'une nouvelle version équipée de turbopropulseurs Bastan VII. Conservant leur puissance nominale jusqu'à 3 000 mètres d'altitude, ces derniers offrent de plus larges possibilités en pays chauds ou en montagne. Premier pas vers la fusion, Sud et Nord ont lancé en commun le développement d'un petit biréacteur de liaison répondant aux désirs de l'Armée de l'Air, et d'un biplace d'entraînement propulsé par le turboréacteur SNECMA/Turboméca Larzac. Le premier, le SN-600, appartient à une classe capable de larges débouchés mondiaux, mais il devra s'imposer sur le projet Mystère 10 de Dassault et sur le Cessna 500. Mentionnons encore, comme production originale de Nord-Aviation, le Nord-500 à hélices carénées dont un prototype est aux essais. Cette formule, offrant de réelles possibilités de décollage court ou vertical, pourrait connaître certains développements, malgré une pénalisation évidente dans le domaine de la sécurité en cas de panne de moteur.



Ensemble, Sud et Nord-Aviation développent un biréacteur léger de liaison et d'affaires, le SN-600. Cet appareil doit recevoir deux réacteurs de la classe des 1 000 kg de poussée, soit des United Aircraft of Canada JT-15D, soit des SNECMA-Turboméca Larzac. Conçu pour être d'une utilisation très simple, ainsi qu'en témoigne le poste de pilotage spacieux et clair, le SN-600 aura une capacité de 6 à 8 personnes, équipage compris. Il doit pouvoir utiliser des pistes sommaires de faible longueur.

Le Mirage poursuit sa carrière

Face au groupe nationalisé formé par la juxtaposition des moyens humains, industriels et financiers de Sud et de Nord-Aviation, le groupe privé Dassault-Breguet devra compter



sur son dynamisme et le talent de ses techniciens. La concurrence, en effet, sera vive, car s'il est improbable de voir le secteur national réapparaître dans le domaine militaire, il s'efforcera par contre — c'est bien normal — de rendre plus difficile la percée de Dassault sur le marché des avions civils de gros tonnage.

Spécialiste mondialement connu des avions militaires, Dassault a créé, avec le Mirage III, l'un des avions les plus brillants de l'après-guerre. Sur le plan national, il lui a seulement manqué un marché de l'ampleur de celui des Etats-Unis. La meilleure preuve de ses qualités (clairement démontrées face aux Mig dans le ciel du Moyen-Orient), c'est le nombre sans cesse plus grand des pays qui lui font confiance. Soulignons le cas de la Belgique, pourtant zone d'influence anglo-saxonne, qui pour la première fois depuis trente ans s'est équipée en matériel français en commandant plus de cent Mirage 5.

Certes, dans sa version à électronique réduite, le Mirage perd une partie de sa polyvalence, particulièrement pour les missions à haute altitude. Mais cette électronique devant être assortie d'équipements au sol qui n'existent pas toujours, la version simplifiée se justifie pleinement pour de nombreux pays. On estime que, dans ses différentes adaptations monoplaces et biplaces, avec ou sans électronique, le Mirage peut demeurer en production pendant deux ou trois ans.

A ce moment, interviendra l'entrée en série sur les chaînes de Mérignac du Mirage F-1. Cet intercepteur offre de nettes améliorations par rapport au Mirage à voilure delta en ce qui concerne l'autonomie, l'armement, les qualités de vol aux basses vitesses et les longueurs de piste utilisées. De plus, son atterrisseur équipé de pneus à basse pression dégage la totalité de l'aile qui conserve en toutes circonstances une grande pureté aérodynamique.

Optimisé pour l'interception tous-temps, le F-1 a été l'objet d'une première commande de 85 exemplaires de l'Armée de l'Air française. Il devait faire aussi l'objet d'une large commande israélienne, mais cet ordre a été naturellement remis en cause par les mesures d'embargo prises par la France. Cet appareil relativement économique pourrait, quoi qu'il en soit, connaître d'intéressants débouchés à l'exportation.

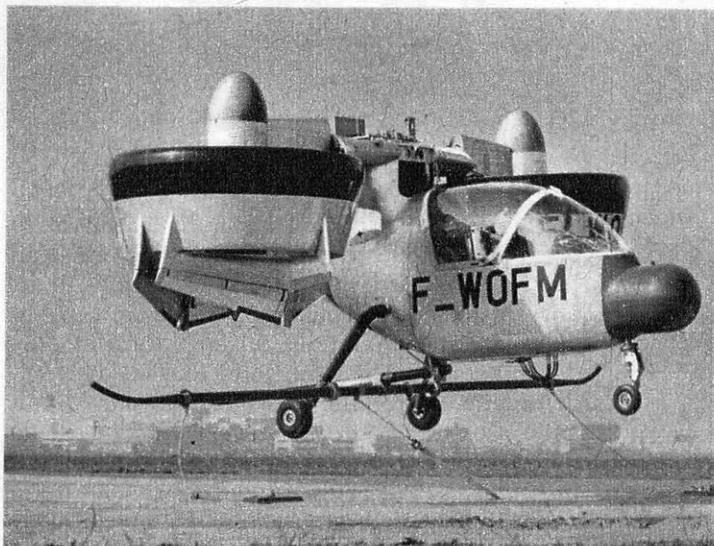
Un intercepteur à géométrie variable

Développé autour d'un réacteur à double flux SNECMA TF-306 de 9 tonnes de poussée, le biplace d'interdiction à long rayon

d'action Mirage F-2 ne connaîtra pas de suites industrielles. Son dérivé monoplace F-3 non plus, dont la commande en prototype a été annulée. Il a servi cependant de base à l'étonnant Mirage G à géométrie variable dont la réussite demeure un cas unique dans les annales de l'aéronautique. Abordant un problème difficile qui a causé tant de déboires aux Américains, les ingénieurs de Dassault, ont, au terme de six années d'études théoriques, produit un prototype pleinement opérationnel. Les essais ont progressé avec une extrême rapidité. Au cours d'un même vol, le Mirage G dépasse couramment Mach 2, se posant ensuite à 200 km/h sur 400 mètres ! La variation de géométrie est tellement simple que de nombreux pilotes français et étrangers ont pu être « lâchés » sur le prototype qui, pourtant, n'existe qu'en un seul exemplaire.

Un tel succès ne pouvait demeurer sans lendemain. Une première consécration internationale fut l'aide demandée par Ling-Temco-Vought pour augmenter ses chances dans le concours VFX de l'US Navy. Vint ensuite une commande du gouvernement français pour deux prototypes G-4, actuellement en construction. Ce biréacteur (deux Atar 9K-50 puis M-53), biplace puissamment armé, devrait constituer, au-delà du Mirage F-1, l'épine dorsale de l'Armée de l'Air à partir de 1973. Trop lourd, il n'intéresse pas la Marine qui serait par contre séduite par une adaptation opérationnelle du G, appareil qui

*Solution originale au problème du décollage vertical, le Nord 500 est un monoplace expérimental dont les fonctions de sustentation et de propulsion sont assurées par des hélices carénées avec gouvernes placées dans leur flux.
Le premier vol libre est imminent.*

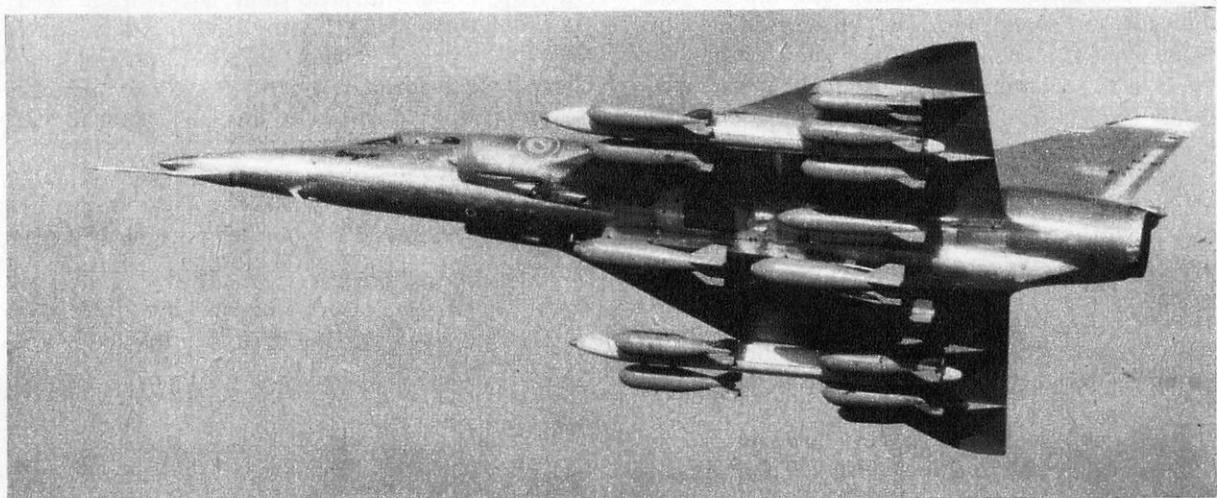
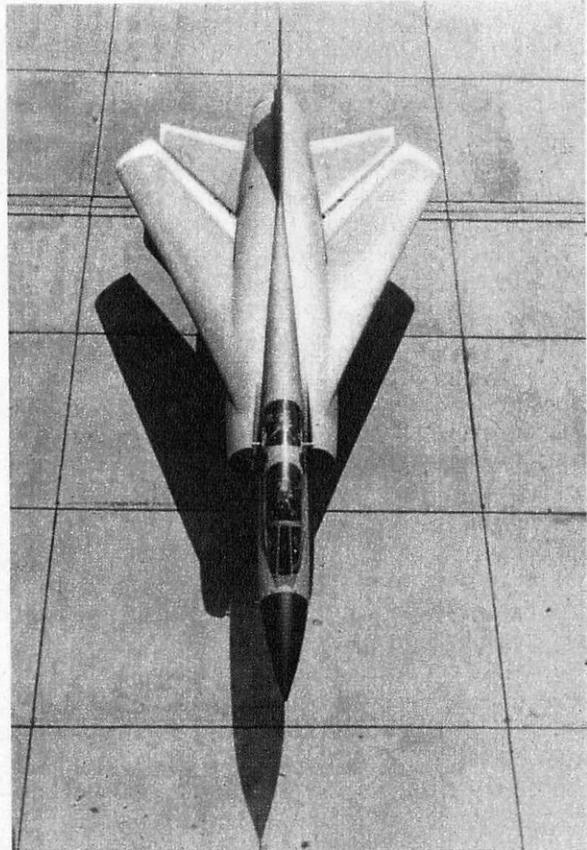


Le spectaculaire succès du Mirage G expérimental a ouvert à l'industrie française la porte des techniques les plus avancées. Cette percée dans le domaine de la géométrie variable sera exploitée avec le biréacteur G-4 qui doit voler dans moins de deux ans.

Avion à missions multiples, capable de dépasser, Mach 2,5, il pourrait entrer en service en 1975.

pourrait être embarqué sans problème à bord des porte-avions Foch et Clemenceau. Ces besoins ne paraissent pas suffisants cependant pour justifier le lancement d'une série, à moins que les Allemands, pour la succession du F-104 Starfighter, ne se décident en faveur du G-2, autre version que Dassault leur propose.

Dassault a enfin à l'étude divers projets d'avions de combat trisoniques qui pourraient entrer en service vers la fin de la prochaine décennie. Là encore, l'absence de moteurs très évolués de conception française risque de retarder le développement d'un programme pourtant nécessaire. Car le gouvernement se refusait jusqu'ici à utiliser des réacteurs étrangers pour les avions de première ligne afin de se prémunir contre toutes influences politiques.



Dassault et les avions civils

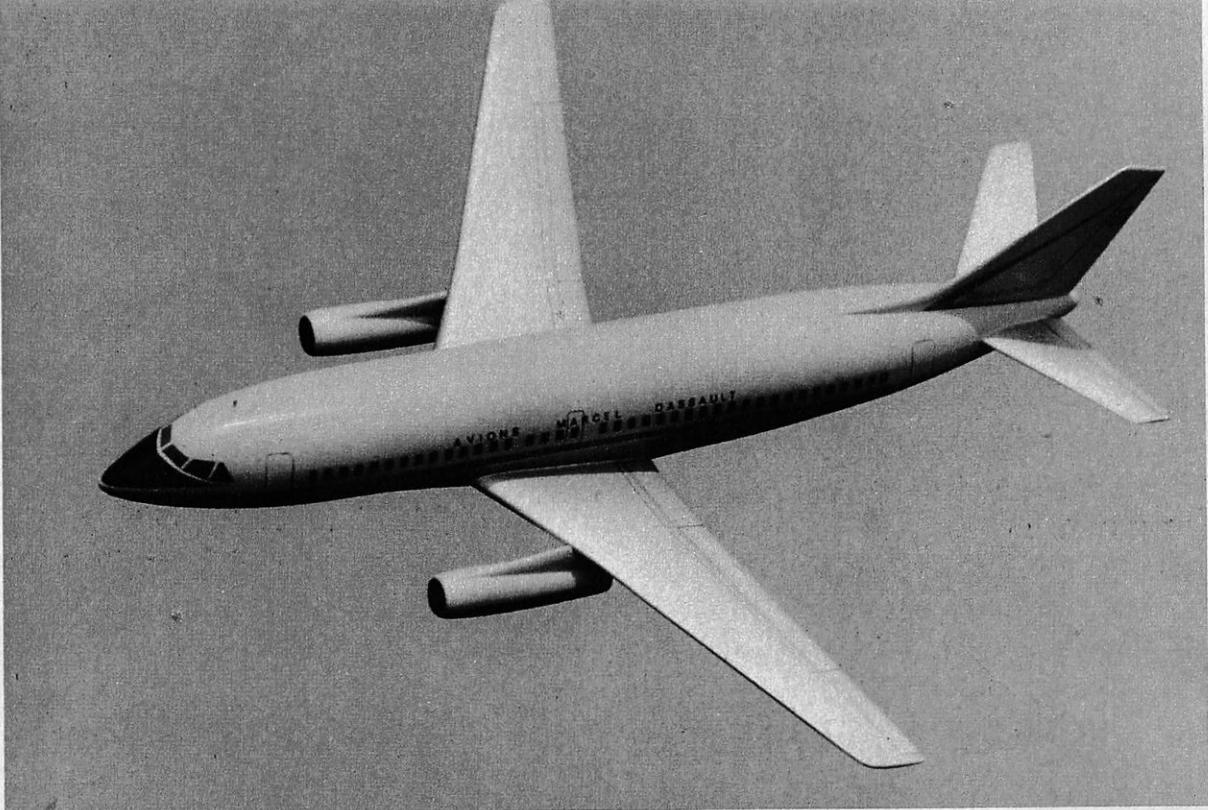
Sur le marché civil, Dassault a réussi sa première percée avec le Mystère 20 ou Fan Jet Falcon, leader mondial des avions d'affaires à réaction. Deux cent trente sept exemplaires sont commandés ou en option et plus de 180 sont livrés. Une telle réussite n'a évidemment été rendue possible que par la collaboration de la *Business Jet Division* de la Pan American, mais on remarque que les ventes progressent régulièrement en dehors de la zone d'influence américaine. Une nouvelle version à becs de voilure basculants (Falcon

« Le moins cher des avions de combat de Mach 2 », tel est le slogan caractérisant le Mirage 5, version « économique » du Mirage III, dont les performances sont cependant conservées. L'électronique simplifiée et transférée dans la pointe avant a permis d'accroître la charge en carburant.

70) a été étudiée spécialement pour le marché américain. Les premières livraisons interviendront au début de 1970. Désireux d'élargir sa gamme, Dassault a développé un biturbine léger, le MD-320 Hi-



Le Mirage F-1 (en haut) et le Jaguar (en bas) sont les deux plus récents appareils de combat en production de série en France. Le premier est à l'origine un intercepteur, mais son domaine d'action inclut l'attaque au sol. Le second, d'abord prévu comme biplace d'entraînement, fait l'objet d'une version monoplace également destinée à l'appui tactique.



Avec le Mercure, biréacteur optimisé pour une exploitation sur les réseaux courts, Dassault va faire sa rentrée sur le marché des avions de lignes. Il ne faut pas, en effet, oublier le Bloch 220 d'avant-guerre ni le Languedoc 161 construit à la Libération par la SNCASE. La capacité normale du Mercure sera de 134 passagers et le bas du fuselage sera constitué de vastes soutes pouvant recevoir sept conteneurs standard et du fret en vrac. Premier vol en 1971.

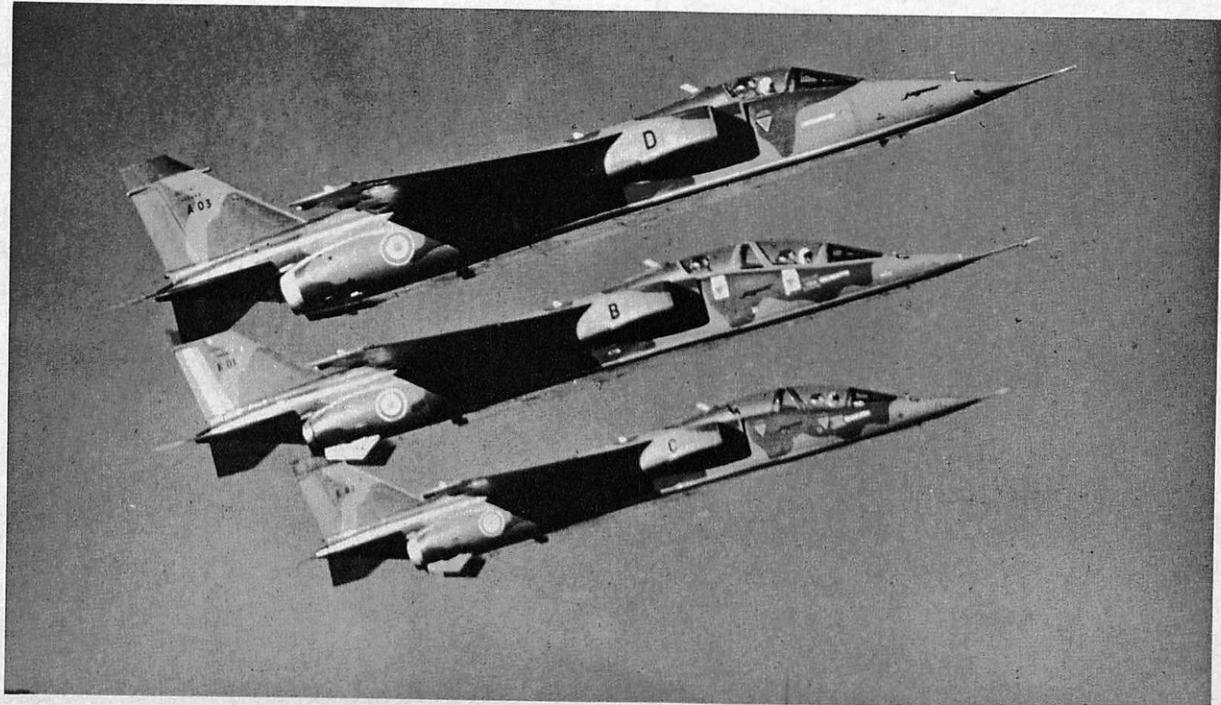
Le Breguet 941, transport à décollage court, n'a pas jusqu'à présent eu la chance de percer, ni en France ni à l'étranger, mais sa cause n'est pas perdue.

Sous les couleurs de McDonnell-Douglas, un des quatre avions de pré-série effectue depuis plusieurs mois des expérimentations civiles pour Eastern et American Airlines qui pourraient se décider à une commande.

rondelle, pour une dizaine de passagers. Sa capacité est en cours d'augmentation par allongement du fuselage. Aucune décision n'a été prise quant à la fabrication éventuelle de cet appareil équipé de turbopropulseurs Turboméca Astazou XIV. Le bureau d'études de Bordeaux travaille actuellement sur un Mystère 10 ou « Mini Falcon » de 6/9 places propulsé par deux réacteurs Larzac, donc concurrent direct du SN-600. Une maquette grandeur réelle est présentée au Bourget, mais on attend toujours la mise en chantier du prototype.

Face à la réduction des charges de travail découlant de la diminution des commandes d'avions militaires, il a été prévu que d'ici 1975, les avions Marcel Dassault consacreront 70 % de leur potentiel industriel à des programmes d'avions civils. C'est pourquoi le Ministère de l'Equipement a décidé d'aider Dassault à s'emparer d'un « créneau » disponible dans la gamme des avions de





transport des années 1970, celui du court-courrier de grande capacité successeur des Caravelle, BAC One-Eleven et autres Boeing 737 aujourd'hui en service. Il faut admettre que les équipes de Dassault ont beaucoup de choses à découvrir en ce domaine et le projet Mercure sera pour elles un excellent exercice d'application.

Le projet Mercure

Actuellement en pleine gestation alors que les premiers éléments commencent à prendre forme en atelier, le Mercure ne sera pas un avion révolutionnaire. Résolument classique dans sa forme et sa conception, il tirera profit de vingt années d'expérience dans le difficile domaine des avions de combat. Dans sa structure, son aérodynamisme, son équipement, il sera de technologie très avancée et son architecture générale doit lui permettre de s'adapter pendant une longue carrière aux progrès nouveaux, notamment dans le domaine des réacteurs.

Le classicisme du Mercure est en effet imposé par les réacteurs utilisés dans la première version, les Pratt et Whitney JT8D-11 qui équipent déjà divers Boeing, le McDonnell-Douglas DC-9, les plus récentes Caravelle. Les nacelles du Mercure pourront toutefois, sans adaptation importante, recevoir tout réacteur à soufflante qui deviendrait disponible dans la gamme de poussées considérées.

Prévues pour 134 à 155 passagers sur des étapes de l'ordre de 1 000-1 500 km, l'appa-

Le programme Jaguar est entré dans une phase très active et les quatre premiers prototypes sont présentés au Salon du Bourget. Cet avion d'entraînement et d'appui tactique (version monoplace au premier plan) est issu d'un programme industriel franco-britannique. 400 exemplaires de série en cinq versions sont d'ores et déjà commandés par l'Armée de l'Air et la Royal Air Force.

reil doit voler au printemps de 1971. Dassault a pris 20 % des frais de développement à son compte et Fiat 10 %, ce qui réduit d'autant le financement demandé à l'Etat. Il se pourrait d'ailleurs que cette coopération internationale s'élargisse à l'Allemagne, la Belgique, les Pays-Bas et la Suisse, ce qui ouvrirait, bien entendu, d'intéressants débouchés à cet avion.

Dans les activités de Dassault, il ne faut pas oublier les travaux du département Equipements, producteur mondialement réputé de servo-commandes et équipements de bord, et dont la gamme de production ne cesse de s'élargir, non plus que les travaux sur le Missile MD 620 destiné à Israël.

Breguet en meilleure situation

Intimement lié à Dassault, même si son fonctionnement demeure autonome, Breguet-Aviation a connu une passe très difficile voici deux ans. A l'époque, la série des Atlantic touchait à sa fin, le transport 941 à décollage court ne démarrait pas et le Jaguar était encore à deux ans de sa produc-



Premier appareil européen à voilure variable, le Mirage G a connu une mise au point extraordinairement rapide. Il est le premier d'une nouvelle génération.



Après plusieurs années d'essais, le Hawker-Siddeley Harrier est le premier avion de combat à décollage vertical construit en série dans le monde.

Les moteurs sont la grande force des Britanniques dans le domaine aéronautique. L'Olympus 593, né d'une collaboration franco-britannique pour l'équipement de Concorde, est maintenant construit en pré-série dans les ateliers de Rolls-Royce.



tion de série. Dassault est intervenu en confiant notamment à Breguet toutes les révisions de Mirage III, à l'usine de Biarritz. Par ailleurs les commandes d'Atlantic par l'Italie et les Pays-Bas sont venues à propos pour relancer la chaîne. La première série fut de soixante avions, 40 pour la France et 20 pour l'Allemagne. Les Pays-Bas se sont décidés pour 9 appareils (peut-être 12) et l'Italie pour 18. Avec la reprise de la chaîne s'ouvrent de nouvelles perspectives, notamment en Inde et en Afrique du Sud.

Le Breguet 941, à décollage et atterrissage courts, a eu moins de chance. Lancé en pré-série de quatre exemplaires sur commande du gouvernement français, cet appareil continue de susciter de l'intérêt, tant en Europe qu'en Amérique, mais sans pour autant attirer de commandes... La Belgique et l'Italie s'y intéressent pour le renouvellement de leurs flottes militaires tactiques, tandis qu'un exemplaire est en expérimentation depuis plusieurs mois aux Etats-Unis sur les réseaux d'Eastern et d'American Airlines. On parle du lancement d'une série d'une cinquantaine d'exemplaires, tandis que McDonnell travaille sur des adaptations de gros tonnage. Mais rien de positif encore, si ce n'est un accord industriel Breguet-Sud prévu dans le cas d'une série.

Avec le Jaguar, par contre, c'est le succès assuré, puisque 400 exemplaires de ce biréacteur à missions multiples sont d'ores et déjà commandés par la France et la Grande-Bretagne. Deux prototypes de la version biplace volent, deux monoplaces vont suivre dans les prochains mois, tandis que les contacts se multiplient pour des exportations possibles. Toutes les performances escomptées ont été obtenues, et seul le réacteur, qui explore son domaine de vol à bord de l'avion lui-même sans être passé au banc volant, freine un peu la mise au point.

D'ores et déjà, dans les usines Breguet, Dassault et British Aircraft Corporation, les outillages de série sont en place pour une production qui doit déboucher à la fin de 1970. Pour succéder au Magister et en accord avec Dornier, Breguet travaille sur un biréacteur d'entraînement, le Breguet 126, équipé de deux Larzac.

Les « motoristes » français

Touchée par la fusion d'Hispano-Suiza avec la SNECMA, l'industrie des moteurs reste un des points faibles de l'industrie française. Faute de crédits, la SNECMA n'a pu développer d'études vraiment nouvelles depuis plusieurs années. L'essentiel de sa production est assuré depuis dix ans par les diverses

versions de l'Atar, réacteur simple-flux relativement « gourmand », mais d'une robustesse à toute épreuve, offrant un bon potentiel supersonique et d'un entretien aisés. Sa fiabilité entre pour une bonne part dans le succès des Mirage à l'exportation. La version modernisée 9K-50 équipe le Mirage F-1 et les premiers exemplaires du Mirage G-4. En version opérationnelle, le G-4 devrait cependant disposer de quelque 18 tonnes de poussée de deux réacteurs M-53 de technologie avancée, pouvant supporter des vitesses supérieures à Mach 2,5. Intéressée à la construction des Olympus 593 de Concorde dont elle a étudié et fabriqué la partie arrière, la SNECMA a en chantier, en commun avec Turboméca, le double-flux Larzac de 1 000 kg de poussée, destiné aux avions d'affaires et d'entraînement. Concurrent du JT-15 canadien, le Larzac devrait sortir en série en 1971.

Turboméca reste bien placé dans le domaine des petites puissances, encore que certaines de ses productions aient connu quelques revers de fortune. Cette société a en effet négligé jusqu'à présent les problèmes d'après-vente, le plus souvent pris en charge par le constructeur de cellules, ce qui pénalise fortement les possibilités d'exportation des turbines seules. C'est ainsi que divers matériels, d'abord équipés d'Astazou, sont maintenant construits en série avec des groupes américains. La firme tente cependant de remonter le courant, notamment dans le cadre de son association avec Rolls-Royce pour le réacteur Adour du Jaguar, et pour l'Astazou XIV équipant le Handley-Page JetStream. Le fait marquant de l'année reste cependant l'inauguration des usines de la Beth-Shemesh Engines Ltd, filiale israélienne copiée sur la nouvelle usine de Tarbes et qui produit déjà certaines pièces détachées alimentant les chaînes françaises.

L'industrie des équipements

L'industrie française des équipements, brillante dans ses réalisations et « recyclée » par des programmes avancés comme ceux du Mirage IV, puis de Concorde, souffrira longtemps encore de sa trop grande dispersion en petites firmes. Celles-ci ont souvent quelque peine à combler les exigences du marché international en ce qui concerne la prospection, la documentation et surtout peut-être l'après-vente. Créer des stocks de rechanges à l'étranger, pourvoir à l'assistance technique, revient très cher et dépasse les moyens financiers de la majorité des firmes françaises. Ici aussi, l'après-vente est assuré par le constructeur de cellules, mais évidem-

ment pour les seuls matériels utilisés sur ses avions. Une solution « coopérative » pourrait être envisagée, de même que la prospection se fait le plus souvent sous les auspices des organismes syndicaux. Ne pas résoudre cette question avant de tenter une promotion à grande échelle sur les marchés internationaux serait courir à l'échec. Les équipements français méritent pourtant de se faire une large place sur les avions étrangers.

Dans le cadre des consignes gouvernementales, un début de réorganisation est cependant en vue. Elle concerne le secteur des atterrissageurs, que se partagent deux firmes, Messier (société privée) et Hispano-Bugatti (rattachée à la SNECMA). Il s'agirait de créer une société commune au capital de laquelle participeraient la SNECMA et Messier. Il est à noter que, dans un passé récent, la répartition des marchés d'études de fabrication entre Hispano et Messier était souvent arbitraire sur le plan technique. La synthèse de ces activités au sein d'un même groupe placerait beaucoup mieux l'industrie française vis-à-vis des sociétés britanniques et même américaines dont les plus importantes ne dépassent pas 2 500 personnes. En dehors de programmes moins volumineux et plus traditionnels, les atterrissageurs de Concorde et de l'Airbus devraient fournir un plan de charge suffisant à ce secteur industriel.

Vers le maintien à l'exportation ?

Avec 2 828 millions de commandes enregistrées à l'étranger en 1968, l'industrie française a battu ses records absolus d'exportation. Faut-il, dans ces conditions, se poser des questions quant à son avenir ? Oui, et pour diverses raisons.

La première est que la gamme française a tendance à vieillir et à s'étroter, au moins pour les deux années qui viennent. Le Mirage F-1, bien que de performances améliorées et plus souple d'emploi, aura sans doute du mal à percer sur un marché déjà conquis par le Mirage III, à moins que, dès à présent, il soit offert en version « économique ». Sa vocation en début de carrière est cependant l'interception et, pour l'attaque au sol, le Mirage 5 n'a pas dit son dernier mot. Doté d'un stabilisateur-canard, il pourrait fort bien conquérir lui aussi le marché suisse. Il réunirait alors, en effet, la maniabilité dans les vallées au fait que l'industrie helvétique pourrait à bon compte le construire sous licence, puisque les outillages existent. D'autre pays comme la Malaisie, le Brésil et l'Argentine sont encore des clients potentiels.

Moins rapide, moins onéreux aussi et bien adapté à l'attaque au sol, le Jaguar pour-

rait connaître un large marché, mais il ne faut pas oublier que, construit en coopération, il n'apportera que 50 % d'heures de travail et de devises à l'industrie française. Le tout est donc d'en vendre deux fois plus... Dans le secteur civil, Caravelle connaîtra — il faut l'espérer — un regain de faveur avec sa tardive version allongée, mais le relai sera difficile avec l'Airbus et Concorde. Au-delà des quelques exemplaires vendus à l'Afrique du Sud, les exportations du Transall semblent problématiques, car il s'agit d'un avion assez cher du fait du petit nombre construit. L'Atlantic repart d'un bon pied et pourrait faire l'objet encore d'une vingtaine de commandes. Mais les clients poten-

Premier avion de combat à décollage vertical atteignant le stade de la production de série, le Hawker-Siddeley Harrier sera, lors de son entrée en service dans la Royal Air Force, le seul de sa catégorie dans le monde. Si l'amélioration de son réacteur pouvait entraîner un accroissement de la charge militaire, cet appareil pourrait trouver de larges débouchés.







En février dernier, quelques mois après le transport géant C 5-A Galaxy et premier des jumbojets civils, le Boeing 747 a entamé son programme d'essais en vol.

On peut toutefois se demander si de tels appareils ne connaîtront pas un plafonnement dans leur taille : le C 5-A est beaucoup plus lourd que prévu et le 747 connaîtrait de délicats problèmes de structure. Véritables paquebots de l'air, dont l'escalier réunissant les deux ponts dans le fuselage du 747 illustre bien les proportions (photo ci-contre), les jumbojets ne sont peut-être pas encore au bout de leurs soucis.



D'une rusticité sans égale, qui se traduit même dans la simplicité de ses formes, le Short Skyvan connaît le succès commercial. Il sort maintenant en série des ateliers de Belfast, équipé de deux turbines Garrett, après avoir abandonné ses Astazou d'origine.

tiels ne se laisseront-ils pas séduire par des offres américaines moins dispendieuses ?

Le Nord-262 avait quelque peu raté son entrée, en grande partie à cause des maladies de jeunesse de ses turbines. La nouvelle version en essais offrira une plus grande souplesse d'emploi et donnera peut-être un souffle nouveau à la chaîne. Comme le Nord-262, le Breguet 941 est un bon avion qui n'a pas eu de chance. Il joue actuellement sa dernière carte aux Etats-Unis. Quelques commandes justifiant le lancement d'une chaîne pourraient déterminer le choix de la Force Aérienne Belge, peut-être même de l'Italie et de quelques autres. Avec des qualités de vol remarquables, le 941 souffre d'être venu un peu tôt et de n'avoir pas été commandé en série en France.

Le Mystère 20 poursuit sa carrière mais, autre que le débouché américain se ralentit, il s'agit d'une machine de taille modeste qui ne fournit pas un plan de charge très important.

En fait, la bataille en Europe est bien celle de la première place, celle de la nation européenne qui jouera le rôle de tête de file de l'industrie aéronautique de ce côté de l'Atlantique. L'affaire est délicate, car ce ne sont pas les considérations techniques qui dominent.

Les particularités britanniques

A l'instar de la France, la Grande-Bretagne a battu en 1968 tous ses records d'exporta-

tion, avec 293 millions de livres (3,5 milliards de francs) pour 240 000 personnes employées. On peut comparer ces résultats aux 2,9 milliards atteints en France avec 120 000 personnes. Le point faible de l'industrie britannique reste son personnel trop nombreux par rapport à son chiffre d'affaires. Ces chiffres d'exportation appellent d'ailleurs des réserves : d'une part, les réacteurs réexportés après révision dans des ateliers britanniques y sont comptabilisés ; d'autre part, sont considérés comme exportés les éléments de Concorde, Jaguar et des hélicoptères envoyés en France dans le cadre des programmes de coopération, sans que les éléments circulant dans l'autre sens soient déduits. Dans les statistiques françaises, les programmes comme Concorde ne sont pas comptés et, dans le cadre de commandes portant sur des matériels multinationaux, seule la part française est retenue.

La situation de l'industrie britannique n'est donc pas aussi florissante que les chiffres pourraient le laisser croire.

Depuis quatre ans et demi, le gouvernement travailliste a investi la majeure partie de ses crédits dans la commande de F-4 Phantom et de C-130 Hercules aux Etats-Unis. L'annulation de la commande de F-111 n'a pas été au bénéfice de l'industrie britannique, tout en privant la Royal Air Force de toute possibilité de renouveler sa force de dissuasion dans des délais raisonnables.

Des commandes importantes ont néanmoins été passées récemment par le gouvernement ou les transporteurs nationalisés. Elles portent sur 200 Jaguar construits en coopération avec la France, sur 83 Nimrod de reconnaissance maritime dérivés du Comet 4-C, sur 90 Harrier à décollage vertical et sur 26 Trident 3 (version à fuselage allongé) pour les BEA. Sur ces quatre matériels, seuls le Ja-

guar et le Harrier offrent de réelles possibilités d'exportation.

Au-delà d'éclatants succès comme celui du Viscount et du Hunter, l'industrie britannique est demeurée trop longtemps prisonnière des besoins nationaux. A lui seul, l'échec du VC-10, construit à 53 exemplaires seulement, a coûté 360 millions aux actionnaires de la BAC. Cet « incident de parcours » était à peine compensé par les ventes du court-courrier BAC III (170 exemplaires). Et déjà se dessine une autre tentative solitaire avec le BAC 311, opposé à l'Airbus franco-allemand. Le Vanguard (44 exemplaires), le Trident (80 exemplaires) sont autant de preuves supplémentaires du danger qu'il y a à construire des appareils non assurés, au départ, d'un large marché.

L'Angleterre et l'Airbus

Si l'Airbus A 300-B est réalisé, comme tout porte à le croire, il fermera à un éventuel concurrent, anglais ou américain, l'essentiel du marché européen. Dans ces conditions, le BAC 311 apparaît comme une hérésie commerciale. Il est pénible de voir, en Europe, deux entreprises associées dans le but de faire triompher Concorde s'opposer sur d'autres programmes. De telles luttes entraînent un gaspillage qui, en définitive, ne fait que bénéficier aux concurrents, américains en particulier.

La parole est en fait au Gouvernement britannique et sa décision n'est pas facile à prendre. Il devrait logiquement être favorable à l'Airbus A 300-B, mais il risquerait de heurter, une fois de plus, son opinion publique.

Concorde est, qu'on le veuille ou non, né d'une étude française et n'a été sauvé que par l'entêtement français. Le Jaguar, dérivé d'une fiche-programme de l'Armée de l'Air, est bel et bien né chez Breguet. Des trois hélicoptères construits en commun, deux sont de conception Sud-Aviation. Au-delà d'un projet commun d'avion de combat à géométrie variable, le succès du Mirage G est évidemment agaçant pour les Britanniques. Si on ajoute à cela la position française, au cours des dernières années, vis-à-vis de l'entrée de la Grande-Bretagne dans le Marché Commun, il faut reconnaître que l'addition est suffisamment lourde pour rendre désagréable une maîtrise d'œuvre française pour l'Airbus. En toute honnêteté, en admettant que la situation soit inversée, les réticences françaises seraient au moins aussi marquées.

D'autre part, le Gouvernement britannique cherche depuis longtemps un moyen de faire fusionner les deux constructeurs de cellules,

British Aircraft Corporation et Hawker-Siddeley. Une première tentative a échoué voici un peu plus d'un an. La participation au programme de l'Airbus ou le financement du projet BAC 311, voilà un moyen de pression tout trouvé pour précipiter le mouvement. La décision sera sans doute prise lors de la publication de ces lignes...

Des transports légers aux appareils de combat

Des programmes civils plus modestes suivent heureusement leur petit bonhomme de chemin, comme le biturbine HS-748 (190 exemplaires vendus), le biréacteur d'affaire HS-125 (165 unités), le petit cargo Short Skyvan (67 appareils), le biturbine léger Handley-Page JetStream (176 commandés). Mais il s'agit d'avions légers, justifiant moins de main-d'œuvre que les transports de gros tonnage, et donc moins intéressants pour l'industrie.

Du côté des appareils militaires, l'industrie, privée voici quatre ans de tous projets modernes comme le TSR-2, le HS P-II50 et le HS-681, chasseur et transport à décollage vertical, n'a pas grand chose à offrir. Seul avion de combat moderne en production, le Lightning est trop onéreux et trop compliqué pour s'ouvrir de vastes marchés. Reste le Harrier, premier chasseur VTOL du monde construit en grande série. Ce pourrait être un succès international si l'on gagne encore quelques centaines de kilogrammes sur la poussée de son réacteur, car les possibilités de charge au décollage restent trop limitées. Cet avion unique en son genre a su retenir l'attention des *US Marines* qui voient en lui l'avion d'assaut idéal, embarquable non seulement sur des porte-avions mais surtout sur des porte-hélicoptères. On estime le marché potentiel de ce monoplace de combat à 1 000 unités environ.

Au-delà du Jaguar, et plus encore que pour les avions civils, la Grande-Bretagne boude la France en ce qui concerne les avions militaires. C'est pourquoi elle déploie tant d'efforts pour lancer, avec l'Allemagne, l'Italie et la Hollande, le programme MRCA 75 d'avion de combat à géométrie variable. La France, qui disposera à ce moment, avec le Mirage G-4, d'un appareil éprouvé, n'est pas partie prenante. Elle a offert néanmoins à l'Allemagne un Mirage G-2, dérivé du prototype actuel, et qui pourrait être construit en série avec un minimum de frais de développement et dans un délai plus restreint que son équivalent «européen».

Pour la Grande-Bretagne, l'adoption de cette solution par l'Allemagne serait une véritable

Les Airbus américains ne vont pas poser seulement des problèmes de structure et de propulsion, mais aussi d'aménagements intérieurs. C'est ce dont témoigne la maquette de l'office du DC-10 pour le service des 350 passagers.

Quant à la cabine, où un quart des sièges est au centre, elle sera obligatoirement équipée pour des projections cinématographiques.





Le plus grand et le plus lourd des avions volant actuellement dans le monde, le Lockheed C 5-A. Ce quadrireacteur est produit en série pour le Military Airlift Command américain. L'entrée en service est prévue pour la fin de l'année.

A la suite, le constructeur propose une version civile pour le transport de passagers et de fret, mais les transporteurs sont restés jusqu'ici très réservés.

Le L-500, c'est la désignation de la version civile, pourrait accueillir plus de 500 passagers. Pour la version militaire, une mission type est le transport de 45 tonnes de fret, d'équipements divers ou de véhicules sur plus de 10 000 km.

trahison, car elle ne pourrait en aucun cas s'y rallier. Il lui faudrait, une fois encore, faire cavalier seul. Elle s'y prépare d'ailleurs, non sans pousser vivement le projet MRCA. Un accord est intervenu entre les partenaires à ce sujet, mais ils ne sont pas parvenus à une définition commune. Loin de vouloir construire le même avion, les Anglais envisagent de lancer un biréacteur, les Allemands un monoréacteur, chaque pays ayant la maîtrise d'œuvre de son projet. Un organe central serait créé pour faire bénéficier les deux programmes des enseignements qui peuvent leur être profitables, mais on est loin d'une standardisation réelle. Ici aussi, l'année 1969 sera particulièrement instructive. Ne citons que pour mémoire le Buccaneer et le Jet Provost (devenu Strikemaster). Le

premier, en fin de production, n'a été produit qu'en série restreinte et le seul marché d'exportation qu'il s'est ouvert est celui, avant l'embargo, de l'Afrique du Sud. Biplace d'entraînement armé, le Jet Provost n'a connu qu'un succès limité sur les marchés internationaux.

L'industrie des moteurs et des équipements

Les réacteurs et les équipements demeurent la grande chance de l'industrie britannique, mais la concurrence américaine devient de plus en plus sévère sur les marchés civils. Ayant absorbé Bristol-Siddeley, Rolls-Royce est devenu un groupe de 88 000 employés dont 73 000 travaillent pour l'aéronautique.



Les techniciens de Bölkow travaillent depuis plusieurs années à la mise au point d'hélicoptères originaux de leur conception. Le Bo-105, biturbine léger à rotor rigide, sera sans doute leur premier succès industriel.

Avec un chiffre d'affaires annuel de 3,3 milliards de francs, cette firme est de la taille des plus grandes firmes américaines. Elle contribue pour une très large part aux exportations aérospatiales britanniques. Après les Dart et Avon, en construction de série depuis quinze ans, la gamme actuelle comprend d'autres productions remarquables. C'est le cas du Spey — construit aussi sous licence aux USA — et surtout du RB-211 à soufflante, qui est parvenu à s'imposer pour l'équipement de l'Airbus de Lockheed. Il pourrait équiper aussi l'Airbus A 300-B, si toutefois la Grande-Bretagne ne renonce pas à y participer.

Dans le cadre des accords de coopération franco-britannique, Rolls-Royce détient pratiquement la maîtrise d'œuvre de l'Olympus 593, de l'Adour (Jaguar), du M 45-H (VFW 614) et du RS-360 (hélicoptère WG-13).

Les travaux se poursuivent sur des réacteurs de sustentation de rapport poussée-poids de l'ordre de 20, en coopération avec Allison, ainsi que sur les Pegasus à poussée orientable équipant le Harrier.

Licencié de Continental, Rolls-Royce alimente l'Europe, l'Afrique, l'Inde, l'Australie, la Nouvelle-Zélande et l'Afrique du Sud, en moteurs de 95, 100 et 145 ch.

Deux soucis principaux pour les dirigeants de l'industrie britannique : réduire leur personnel en augmentant le rendement ; maintenir le niveau des exportations face à un

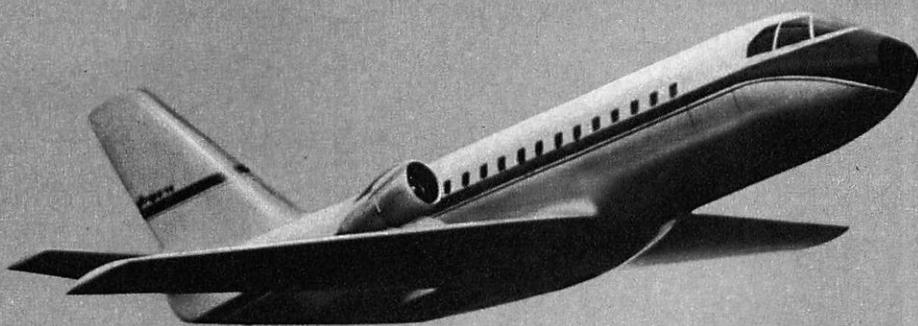
marché national qui va s'amenuisant d'année en année, l'abandon du rôle de « gardienne du monde » de la Grande-Bretagne correspondant à une réduction des besoins militaires. Dans l'un et l'autre cas, la solution n'est pas de tourner le dos à l'Europe continentale pour faire cavalier seul. Elle est au contraire de s'entendre avec elle en acceptant — ne serait-ce que tacitement, pour ménager les susceptibilités — l'abandon d'une maîtrise d'œuvre sur les cellules contre un leadership — incontestable et incontesté — pour les moteurs. Le tout est de savoir si la sauveté industrielle sera la plus forte.

L'Allemagne, colonie américaine ?

Depuis sa reconstitution, l'industrie aéronautique allemande n'a pas eu la chance de pouvoir mener un seul programme selon son cycle complet : conception, mise au point, essais en vol et production de série, tout au moins pour des matériels significatifs. Ses ingénieurs sont pourtant les dignes successeurs — quand ce ne sont pas les mêmes ! — de ces chercheurs de génie qui, dans les derniers mois de la guerre, inventèrent sur le papier presque toutes les formules envisageables pour un objet volant.

Les trois projets les plus spectaculaires, tous à décollage vertical, n'auront pas de suite industrielle. Le chasseur VJ-101 et le transport Dornier Do-31 demeureront des bancs d'essais ; le chasseur-bombardier VAK-191 B, abandonné par l'Italie, est condamné à une carrière expérimentale avant même d'avoir volé.

Le gouvernement et l'industrie partagent pourtant l'ambition de parvenir à « boucler la boucle », de la conception à la produc-



L'industrie allemande ambitionne toujours de prendre pied sur les marchés civils avec un projet majeur. C'est pourquoi le Gouvernement favorise le développement du VFW-614, court-courrier caractérisé par ses réacteurs au-dessus de la voilure.

tion de série, avec un projet de classe internationale, même né d'une coopération. Cet espoir fut déçu voici deux ans lorsque les Américains se retirèrent du programme visant à développer l'avion de combat idéal, associant les deux difficiles techniques du décollage vertical et de la géométrie variable. Rêve du théoricien, cauchemar des financiers et des utilisateurs, ce projet ambitieux a découragé même les Américains !

Comme en France et en Angleterre, le Gouvernement fédéral a usé du chantage des crédits d'Etat pour inciter les industriels à une refonte de leur organisation. Messerschmitt-Bölkow (590 millions de chiffre d'affaires) domine largement Vereinigte Flugtechnische Werke (375 millions), Dornier (188 millions) et Hamburger Flugzeugbau (158 millions). Le Gouvernement est parvenu à maîtriser l'esprit de concurrence en associant les dirigeants de ces entreprises dans des groupes de coordination. Il n'est pas impossible que HFB s'associe avec VFW, à moins qu'elle ne choisisse Fokker, qui est déjà son partenaire pour plusieurs programmes industriels.

L'industrie allemande a toujours souffert des accords de compensation des frais de stationnement des armées américaines en Allemagne, qui conduisent à des commandes massives de matériels finis outre-Atlantique. Autant qu'il est possible cependant, des accords de licence sont négociés, comme ce fut

le cas l'année dernière pour l'hélicoptère Bell UH-I. En 1968, l'achat de 88 Phantom RF-4E de reconnaissance a été conclu pour la somme de 2,5 milliards de francs. Ces avions seront construits aux Etats-Unis, mais peut-être équipés de réacteurs J-79 produits en Allemagne. Ce réacteur est déjà celui du F-104 G et MAN Turbomotoren en détient la licence. Cette dernière firme doit de son côté fusionner avec le département spécialisé de Daimler-Benz.

En même temps, le Gouvernement fédéral commandait à son industrie 50 F-104 G et 22 Fiat 91 et achetait la licence de l'hélicoptère lourd Sikorsky CH-53. Cent trente-cinq exemplaires de cet hélicoptère vont être produits sur une base de 50/50 % avec les industriels américains.

L'ensemble de ces commandes se monte à environ 40 milliards de francs. Elles représentent la majeure partie des investissements jusqu'en 1972 et occuperont l'ensemble de l'industrie, soit 33 000 employés pour les cellules et 10 000 pour les moteurs et équipements.

Les programmes futurs en Allemagne

Deux programmes importants sont prévus pour la suite : ceux des successeurs du F-104 G et de l'hélicoptère Alouette II.

Dans sa tentative de saisir la maîtrise d'œuvre du programme MRCA 75, les Allemands opposent aux Britanniques tout l'acquis obtenu à l'occasion des projets VJ-101 et germano-américain. Plus de 100 avant-projets ont été définis à ces occasion, certains poussés très loin. La fausse solution adoptée pour le MRCA, qui conduirait à deux versions as-



Les Soviétiques espèrent toujours réussir une percée sur les marchés mondiaux.

Dans cette perspective a été conçue une nouvelle génération de transports civils.

Parmi eux, le Yak-40, capable de décoller sur 350 mètres de terrains peu aménagés, n'est certes pas dépourvu d'intérêt. Il peut accueillir de 24 à 30 passagers.

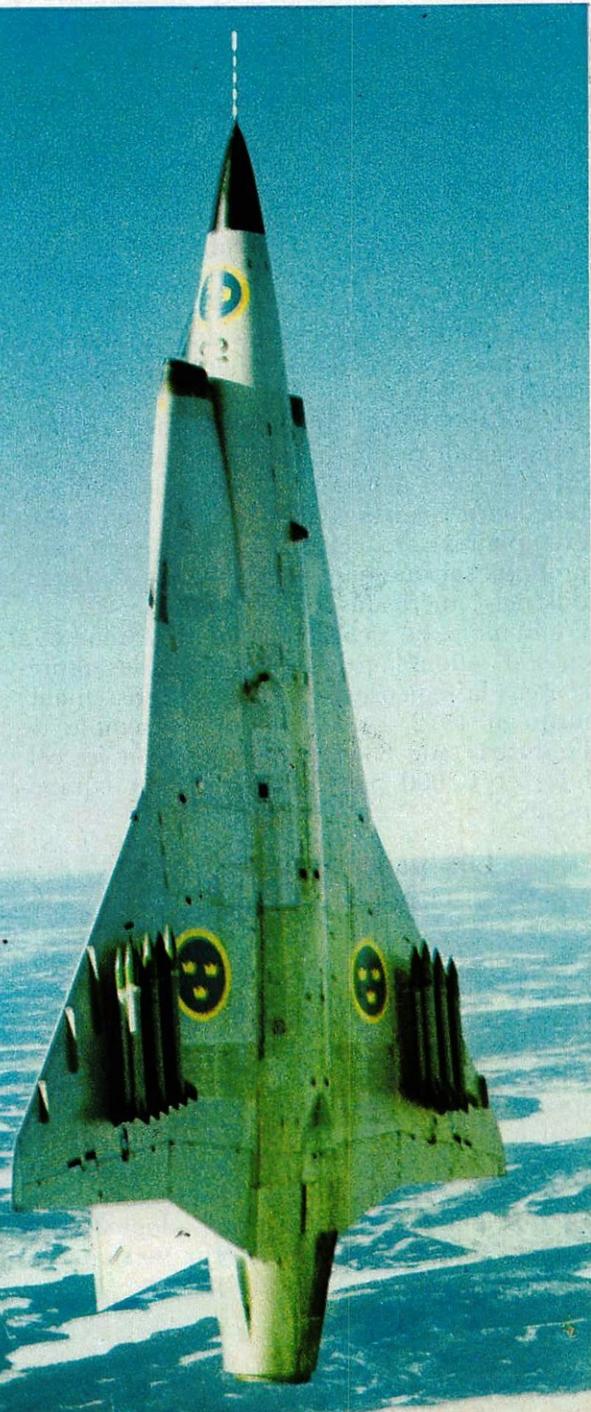
Longtemps limitée à la satisfaction de ses besoins militaires nationaux, l'industrie suédoise a réussi cette année à établir sa première tête de pont sur les marchés étrangers. Son monoplace à missions multiples Draken a enlevé une commande pour l'Armée de l'Air danoise.

sez différentes physiquement et militairement, ne satisfait pas tout le monde. On ne cache pas, outre-Rhin, avoir été impressionné par les résultats du Mirage G, dont la version monoplace G-2 est proposée par Dassault.

Cette proposition française est assortie d'offres de coopération industrielle sur d'autres programmes, comme le Mercure, à l'image de ce qui a été fait en Belgique.

En ce qui concerne les hélicoptères légers, le choix devrait être plus simple, dans la mesure où trois concurrents allemands (Bölkow 105, Dornier Do-132 et VFW H-5) s'opposent à deux concurrents américains. Logiquement, un matériel allemand devrait être retenu, le choix intervenant dans les deux années qui viennent.

Tout permet de penser que l'industrie allemande ne verrait pas d'un mauvais œil une intégration plus ou moins poussée avec l'industrie française, avec laquelle elle a une longue expérience de travail en commun. Mais, ici aussi, les considérations de politique européenne et mondiale interviennent pour compliquer singulièrement les choses.



L'Italie : au jour le jour

L'Italie n'a pas de réelle politique aéronautique. C'est un mal chronique depuis la fin de la guerre, qui n'empêche d'ailleurs pas l'industrie, dominée par Fiat Aviazione, de subsister et même de se développer.

Les productions de série sont limitées : F-104-S et Fiat G-91Y chez Fiat ; biplace d'entraînement MB-326 chez Macchi. Pour le marché civil, la seule activité significative est celle de SIAI-Marchetti avec sa gamme de monomoteurs de tourisme, bientôt élargie à des bimoteurs, et qui connaît une vogue certaine jusqu'aux USA.

Un choix important a été fait dans le courant de 1968, celui de l'Atlantic comme appareil de reconnaissance maritime. Au stade industriel atteint par ce programme, il a été difficile d'accorder à l'industrie italienne la construction d'éléments de gros volume. Mais elle participe activement, par des sous-ensembles, à la réalisation de cette commande. Pour l'avenir, l'Aeronautica Militare compte sur le MRCA pour constituer, à partir de 1975, l'épine dorsale de ses forces. Pour boucler le trou dans l'intervalle, tant du point de vue industriel qu'opérationnel, 165 Super Starfighter F-104S et 75 biréacteurs G-91Y ont été commandés à Fiat, qui en sous-traite la majeure partie.

Le problème le plus urgent est le remplacement d'une soixantaine de vieux Republic RF-84F de reconnaissance, encore en service.

ce. Le choix pourrait se porter sur le Phantom, notamment pour des questions de standardisation des moteurs. On parle d'un ou deux escadrons de chasseurs-bombardiers à décollage et atterrissage verticaux. Depuis l'abandon du VAK-191, le Harrier reste le seul choix possible.

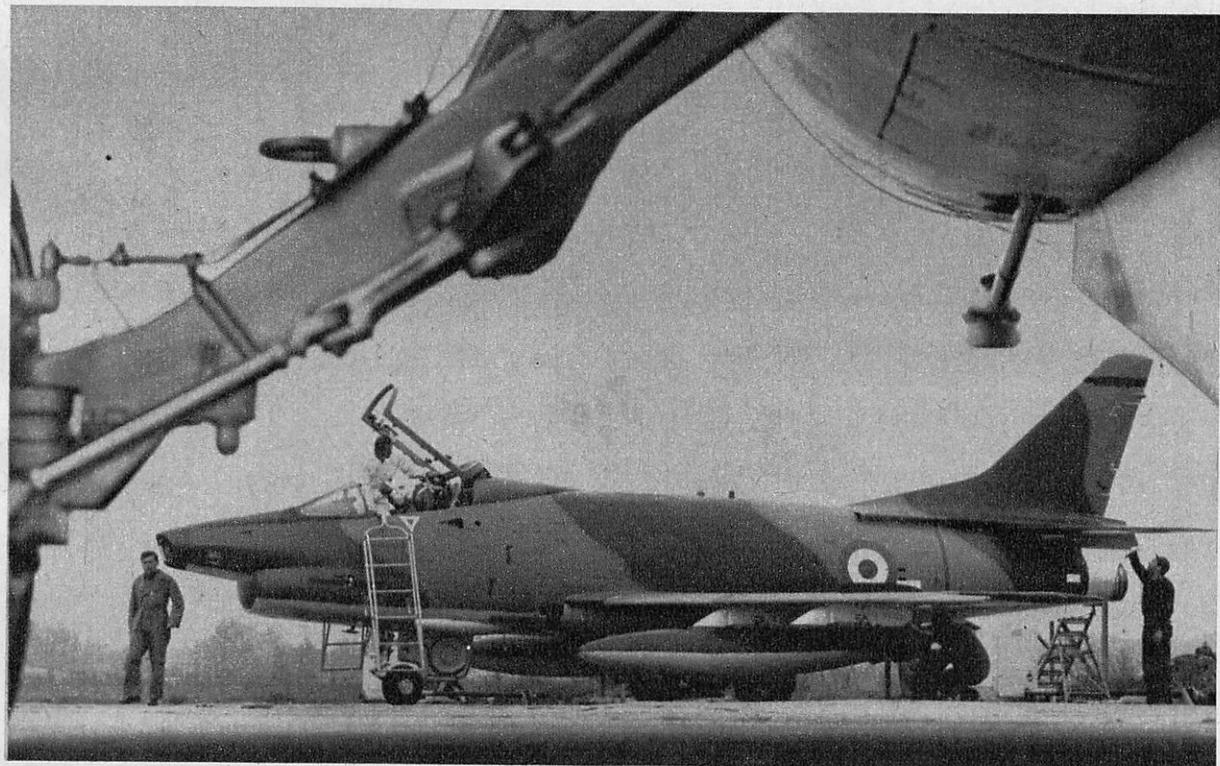
Autre choix à intervenir prochainement, celui d'un remplaçant pour les vétustes C-119 de transport militaire. Pour les missions sur longues distances, le Lockheed Hercules et le Transall sont en concurrence. Pour les missions tactiques, le Breguet 941 et le Hawker-Siddeley Andover sont opposés au Fiat G-222 dont le prototype est en voie d'achèvement.

Macchi a obtenu certains succès d'exportation avec son biplace MB-326, construit sous licence en Australie et en Afrique du Sud, utilisé par la Tunisie, la Ghana, le Congo-Kinshasa, l'Argentine, etc. D'autres marchés sont escomptés.

L'industrie italienne est demeurée jusqu'ici assez tiède vis-à-vis des programmes interna-

Évolution directe du Fiat G-91, le biréacteur G-91Y apporte par rapport à la première version une amélioration notable de la sécurité et des possibilités d'emport.

Cependant, les perspectives d'exportation de cet appareil lui promettent une vie industrielle limitée aux seuls besoins nationaux.



tionaux, encore que Fiat ait pris à son compte 10 % des frais de développement du Mercure. On espérait que l'Italie s'associerait aussi à l'Airbus A 300-B mais, malgré certaines rumeurs, rien n'a été confirmé jusqu'ici. De toutes façons, de par la modicité de ses besoins propres, l'Italie peut difficilement être un jour maître d'œuvre d'un programme important, qu'il soit civil ou militaire. Par contre, la qualité de ses bureaux d'études et de ses moyens de production est fort appréciée.

De petites industries dynamiques

Les autres pays européens demeurent à leur niveau traditionnel à l'exception toutefois de la Suède. Défavorisée par l'escalade des prix de revient du Viggen, dont les commandes ont été diminuées, la Svenska Aeroplan Aktiebolaget cherche à se tourner vers les marchés civils, mais ses ambitions sont mal définies. Par contre, une première victoire du Draken à l'exportation a été obtenue au Danemark, pourtant membre de l'OTAN.

En Espagne, une production sous licence du Northrop F-5 est en cours, mais elle ne saurait aller très loin. Par contre, le projet CASA 212 de petit biturbine rustique a été retenu pour remplacer certains fossiles volants tels que Junkers 52 et autres DC-3.

La Belgique renaît à l'espoir avec la commande de 106 Mirage 5, produits en majeure

partie en France mais assemblés à Charleroi. Les éléments fournis par SABCA et Fairley seront, pour la plupart, livrés pour l'ensemble de la production, même à l'exportation. De plus, Dassault, qui a pris une participation majoritaire dans le capital de la SABCA, sous-traite, dès le stade des études, d'importants éléments de Mirage F-1 de série et de G-4. La même chose est prévue pour le Mercure et l'Hirondelle.

En Hollande, Fokker participe à la fabrication des F-5 commandés au Canada par la *Koningin der Luchtmacht* et continue d'accumuler les commandes pour son Friendship F-27, dont le 513^e exemplaire a été vendu fin mars ! On peut expérimenter le même succès pour le biréacteur F-28, encore que ses ventes démarrent très lentement. Partenaire du programme MRCA 75, Fokker a, d'autre part, signé des accords de coopération avec Dassault. Ceci lui ouvre notamment la perspective d'une participation à la réalisation du Mercure.

Avec une industrie dynamique encore partielle-

Avec le transport à turbines YS-11, le bimoteur d'affaires

Mitsubishi MU-2 représente le Japon sur les marchés aéronautiques internationaux.

Équipé de turbines Garrett TP-331, cet appareil se vend principalement aux USA. Une version allongée est en préparation.



lement nourrie de constructions sous licence, le Japon a commencé la conquête des marchés internationaux avec son transport YS-11 et son biturbine d'affaires MU-2. Sont en études : un biréacteur de transport militaire, un biplace supersonique d'entraînement, une version à réaction du YS-11. Deux prototypes d'un hydravion de reconnaissance et de lutte anti-sous-marine, le Shin Meiwa PS-1, sont aux essais.

D'ici quelques années, il faudra compter le Japon comme concurrent nullement négligeable sur les marchés aéronautiques.

L'Australie termine la production d'une série de Mirage III-0 et prépare d'autres programmes industriels, peut-être basés sur des avions Dassault. Par ailleurs, les bureaux d'études de Commonwealth Aircraft travaillent sur un biplace d'entraînement à géométrie variable qui pourrait bien être le premier du monde dans sa catégorie.

L'Afrique du Sud a mis sur pied, avec l'Atlas Corporation, l'embryon d'une industrie. Créeée par des ingénieurs de Sud-Aviation, cette industrie a pour première activité la fabrication du Macchi 326 sous licence. Des projets plus ambitieux devraient conduire ce pays à une certaine autonomie en ce qui concerne tout au moins les avions militaires.

A la recherche aussi d'une plus grande indépendance industrielle, Israël développe son Israël Aircraft Industry. Celle-ci a repris la fabrication du Jet Commander américain

et prépare l'avion de brousse Arava, de sa propre conception. Les bases d'une industrie des moteurs ont été établies avec la collaboration de Turbomeca qui a mis sur pied la Beth-Shemesh Engines. Enfin — détails peu connus — IAI fournit certains éléments de série des Mystère 20, entretient divers types d'avions Dassault et des C-47 de l'Armée de l'Air française, tandis qu'une partie des équipements de radiocommunications des Mirage 5J de l'embargo provient d'Haïfa.

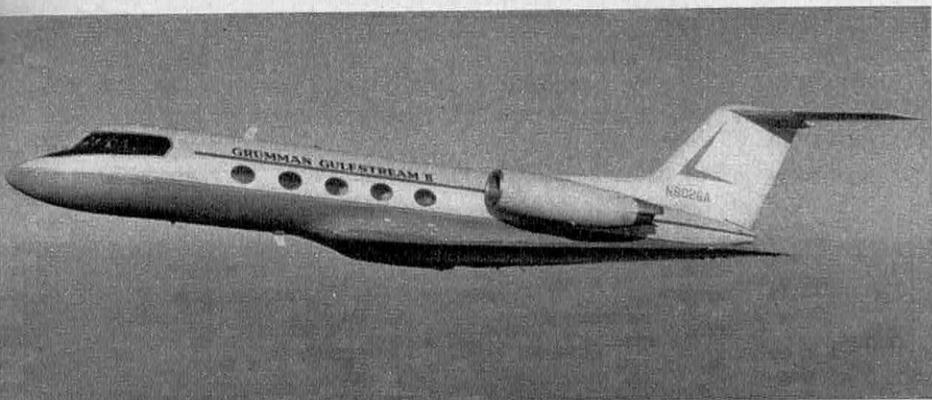
U.S.A. : un bilan financier éloquent

Avec un chiffre d'affaires de l'ordre de 30 milliards de dollars (150 milliards de francs), l'industrie aérospatiale américaine a battu tous ses records (10,5 % d'augmentation sur le chiffre de l'année précédente). Notons cependant que ces chiffres comprennent de multiples contrats en dehors du domaine aérospatial.

Les gains ont été particulièrement spectacu-

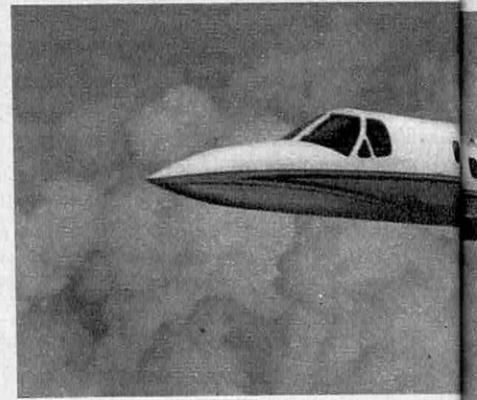
Orientée essentiellement vers ses besoins nationaux, la Svenska Aeroplan Aktiebolaget produit des appareils d'une robustesse réputée, tel le biréacteur d'entraînement SAAB-105, utilisable aussi pour l'attaque au sol. La version T, avec réacteurs GE-585, est offerte à l'exportation.





1

liaires pour les avions commerciaux (transport, affaires, tourisme, travail aérien) et pour les équipements associés. Avec 6 436 millions de dollars de ventes, ce secteur d'activité est en accroissement de 39 %. De 1965 à 1968, les ventes d'avions de lignes à réaction ont triplé. De 13 577 en 1967, les ventes d'avions légers sont passées à 14 000 unités en 1968, gain modeste. Progrès spectaculaires des hélicoptères, cependant, dont les livraisons se sont montées à 57 millions de dollars contre 43 millions seulement en 1967. Gains aussi dans le domaine militaire, en liaison avec la guerre du Vietnam.



2

Pour 1969, on prévoit un chiffre d'affaires légèrement en retrait sur celui de 1968, suivi d'un palier en 1971 dû à l'arrêt de la production de certains modèles. Ce palier annoncerait une reprise vigoureuse en 1971, avec la sortie massive des nouveaux Airbus. A la fin de 1968, l'industrie américaine avait pour 30 milliards de dollars de commandes, dont le tiers environ représenté par des commandes étrangères d'avions civils. Si, de 1967 à 1968, les exportations se sont accrues de 32 %, frôlant les 3 milliards de dollars, la majeure partie (2,25 milliards) était représentée par des avions de lignes.

Avec 1 400 000 salariés, l'industrie aérospatiale demeure le plus important employeur des Etats-Unis. Mais cette industrie n'est pas sans problèmes et l'on trouve chez elle les mêmes phénomènes de regroupement qui agitent ses concurrents. Le regroupement de Republic, Fairchild et Hiller, celui de McDonnell et Douglas, ont donné de bons résultats. La firme née de cette dernière absorption est, avec 124 000 salariés — l'équivalent de toute l'industrie aérospatiale française — le plus puissant groupe américain de la spécialité.

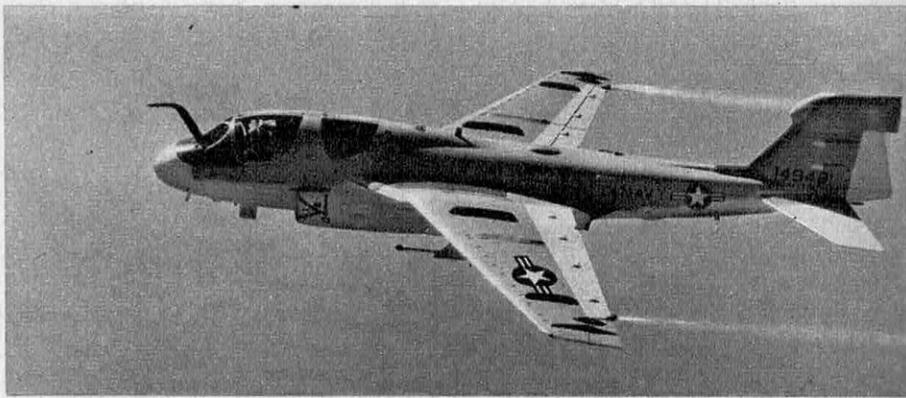
Le plus spectaculaire échec de l'industrie aéronautique au cours de ces dernières années est celui du chasseur-bombardier F-111. General Dynamic a vu annuler la commande passée par l'*US Navy*, et réduire celle de la version de bombardement stratégique. Cet appareil multi-service, conçu selon les théories de standardisation de Robert McNamara, devait constituer l'essentiel des moyens aériens américains aux cours des dix prochaines années. Son hégémonie avait mis en sommeil de nombreux projets, qui redeviennent d'actualité sous l'Administration Nixon.

*Premier hélicoptère du monde conçu comme une plate-forme d'armement, le Bell Hueycobra est en service depuis 1967 dans l'*US Army*. Il reprend les éléments mécaniques et le rotor du HU-1. L'équipage, en tandem, comprend un pilote à l'arrière et un canonnier à l'avant.*



Une phase de transition

Les principaux programmes envisagés sont maintenant les suivants :
— l'Advanced Manned Strategic Aircraft



3

(AMSA) successeur des B-52 : cet avion supersonique à géométrie variable de 150 tonnes devrait entrer en service vers 1975 ; — pour succéder au F-4 Phantom, l'*US Air Force* a demandé à huit constructeurs de cellules et à deux motoristes d'étudier un bireacteur de Mach 2,5 à géométrie fixe, le F-15, qui pourrait entrer en service en 1975-76 ;

— plus pressée, l'*US Navy* a choisi, au début de 1969, le successeur du défunt F-111 B. Le Grumman F-14, équipé de deux Pratt et Whitney TF-30, entrera en service dès 1973. Il incorpore les équipements électroniques et l'armement prévu pour le F-111 B, mais coûtera néanmoins 35 millions de francs l'unité. La commande totale envisagée est de 463 appareils.

— l'*US Air Force* va lancer aussi son programme d'avion AWACS (Airborne WArning and Control System), sorte de sentinelle avancée de surveillance du champ de bataille détectant d'en haut les assaillants aériens et les mouvements au sol et conduisant finalement la riposte. Trois versions de cet avion, qui sera un quadrireacteur de transport modifié, sont prévues, avec des équipements électroniques différents, pour le Strategic Air Command, le Tactical Air Command et l'Aerospace Defense Command. — l'*US Navy*, enfin, escompte pouvoir mettre en chantier son nouveau patrouilleur embarqué de lutte anti-sous-marin, en concours actuellement sous la désignation VSX.

— pour les matériels tactiques, l'*US Army* recevra, sur l'année fiscale 1970, les premiers combinés Lockheed AH-56 Cheyenne, tandis que l'*US Air Force* espère faire démarrer les études du LIT (Light Intratheater Transport) prévu pour le transport sur les lieux même des combats.

Comme pour les avions civils, l'industrie américaine est donc ici à une époque charnière entre deux générations. Le seul programme important pouvant être considéré comme appartenant à la nouvelle génération,

Le plus gros et le plus cher des bireacteurs destinés spécifiquement à l'aviation d'affaires, le Grumman Gulfstream II (1) dispose des mêmes réacteurs Spey qu'un avion de ligne comme le BAC-111 ! Il sort en série de la nouvelle usine de Savannah.

Le Fan Jet 500 (2) marque l'entrée de Cessna sur le marché de l'aviation d'affaires à réaction. Il sera propulsé par deux JT-15 à double flux et pourra transporter 6 à 8 passagers.

*Le Grumman EA 6-B (3) est un bireacteur de guerre électronique, destiné à la défense des Task Forces par brouillage systématique de l'ambiance radioélectronique. Il est commandé en petite série par l'*US Navy*.*

mais déjà au stade de la série, est celui du transport géant C5-A Galaxy. L'*US Air Force* vient de commander une seconde série de 57 unités, faisant suite à un premier ordre de 58 appareils, malgré des retards de livraisons importants et des dépassements de crédits.

Si la géométrie variable n'a pas été favorable au F-111, produit en série trop rapidement, avant même les essais d'un prototype, elle n'a pas plus réussi au projet de transport supersonique. Non seulement elle a conduit à renoncer au premier projet, mais elle a créé un climat de méfiance autour du projet modifié. L'Administration Nixon serait, au moment de la rédaction de ces lignes, prête à remettre le programme entier en cause. Estimé à 7,5 milliards de francs jusqu'à la mise au point des prototypes, le coût du développement a découragé le Secrétaire au Trésor, peu confiant dans des estimations qui, bien des fois, se sont révélées trop modestes.

L'abandon du SST — auquel, d'ailleurs, Boeing ne semble pas s'accrocher outre mesure — libérerait un important potentiel technique et industriel. C'est pourquoi il faut réservé beaucoup d'attention au projet 757 d'un airbus de la taille du modèle euro-



▲ Le monoréacteur d'attaque embarquée LTV Corsair II est remarquable par sa capacité d'emport de charges, sur six points de fixation, qui peut atteindre son propre poids à vide. La version A-7 B est produite pour l'US Air Force.

▼ Avec le Tu-154, l'URSS a construit un moyen-courrier triréacteur moderne. Ses qualités de vol, de facilité d'entretien, d'économie d'exploitation le rapprochent des appareils occidentaux de même catégorie. Le Tupolev 154 est produit actuellement en série pour l'Aéroflot.

péen. L'entrée dans la course de Boeing compromettrait sérieusement les espoirs de percée du A 300-B, non seulement sur le marché américain mais dans le monde entier. D'autant que l'ampleur des moyens mis en œuvre pourrait permettre à Boeing de rattrapper son retard.

La puissance de Boeing — qui a vendu près de 2 000 avions de lignes à réaction — est telle qu'aucune de ses décisions ne peut manquer de peser sur ses concurrents, surtout lorsqu'ils sont de la taille des Européens... Dans ces conditions le mieux serait de rechercher une alliance, peut-être pour la pro-



duction en commun d'un avion de part et d'autre de l'Atlantique.

A l'Est, rien de nouveau

Rien de nouveau à l'Est dans la mesure où l'industrie soviétique demeure un concurrent théorique. Non que ses réalisations soient négligeables, au contraire, mais parce qu'elles n'ont pas derrière elles ce qu'exige un transporteur dans les pays occidentaux : la garantie de fiabilité, l'assurance d'une exploitation économique, d'un service après-vente efficace et suffisamment souple.

Quelles que soient les qualités de robustesse et les performances des matériels soviétiques, ils ne parviendront pas à déboucher sur les marchés internationaux tant que ces trois garanties fondamentales ne seront pas assurées aux clients potentiels. Il est vrai, pourtant, qu'un effort considérable est fait pour améliorer la finition et les conditions d'exploitation. Le triréacteur Tu-154, par exemple, ne manque pas de classe, et le petit Yak-40 pourrait intéresser une nombreuse clientèle. Encore faudrait-il que de tels matériels soient étudiés en conformité avec les règlements occidentaux et passent par des centres d'essais en vol capables d'authentifier sans discussion les résultats. Nous n'en sommes pas encore là et les constructeurs occidentaux n'ont rien à craindre encore du côté de l'Est.

Loin d'élargir leur marché aéronautique au-delà de leur sphère d'influence politique, les Soviétiques auront peut-être même beaucoup à faire pour en sauvegarder l'intégrité. C'est

ce dont témoigne la percée du BAC-111 sur le marché roumain, celle espérée de la Caravelle sur le marché tchécoslovaque. L'évolution politique et psychologique des pays de l'Est, avec un retour à la notion de profit, donne un regain d'intérêt aux avions occidentaux.

●

Nous limiterons là notre panorama, assurément incomplet puisque nous n'avons pas parlé du Brésil, de l'Argentine, de la Yougoslavie et de quelques autres pays dont les ambitions aéronautiques sont nettement affirmées.

Ce qu'il faut retenir, c'est qu'aux USA comme en Grande-Bretagne, en France ou en Allemagne, l'industrie est en pleine restructuration, imposée par les nécessités budgétaires. Harcelé, essoufflé aussi par les exigences de la guerre du Vietnam, le géant américain n'a cependant pas dit son dernier mot. Que les combats cessent en Asie, et un potentiel énorme va se trouver libéré qui se matérialisera sous la forme d'un véritable raz-de-marée sur les marchés aéronautiques mondiaux.

Si elle veut avoir une chance de subsister, l'industrie européenne doit sans tarder savoir faire taire ses querelles pour offrir un front commun.

Roland de NARBONNE

Destiné aux lignes d'apport, le Beriev Be-30 est une machine rustique de 14 places dont la production débute.

Ses deux turbines lui donnent une vitesse de croisière de l'ordre de 480 km/h.



Avions de transport

Constructeur et type	Envergure (m)	Longueur (m)	Poids maximum au décollage (kg)	Propulsion	Vitesse maximum ou de croisière (km/h)	Nombre de passagers	Autonomie maximum (km)	Observations
ALLEMAGNE FÉDÉRALE								
DORNIER Do-27	12	9,60	1 850	1 moteur Lycoming GO-480 de 270 ch	230	6/8	1 100	Monomoteur tous usages à décollage court. Aile haute. Train fixe. Version H-2 avec moteur Lycoming G S O-80 de 340 ch.
Do-28	13,80	9	2 720	2 moteurs Lycoming IO-540 de 290 ch	290	6/8	1 680	Bimoteur léger tous usages à décollage court. Aile haute. Train fixe.
SkyServant	15,50	11,40	3 650	2 moteurs Lycoming IGSO-540 de 380 ch	320	14	1 850	Bimoteur tous usages à décollage court. Aile haute. Train fixe (éventuellement avec skis ou flotteurs).
Do-31 E	18,05	20,90	27 500	2 turboréacteurs Rolls-Royce Pegasus à tuyères orientables de 7 000 kg ; 8 turboréacteurs de sustentation Rolls-Royce RB-162 de 2 000 kg	650	36		Transport tactique V/STOL expérimental réalisé en coopération avec Vereinigte Flugtechnische Werke et Hamburger Flugzeugbau. Aile haute. Rampe de chargement arrière.
Do-131	24,80	24,60	37 600	2 turboréacteurs Rolls-Royce RB-168 de 5 650 kg à tuyères orientables ; 14 turboréacteurs de sustentation Rolls-Royce RB-162 de 2 720 kg	850			Transport de fret V/STOL. Aile haute en flèche. Cabine pressurisée. Rampe de chargement arrière.
HAMBURGER HFB 320 Hansa	14,50	16,60	9 200	2 turboréacteurs General Electric CJ 610 de 1 335 kg	825	15	2 400	Biréacteur d'affaires ou de transport léger. Aile moyenne en flèche à 15° vers l'avant. Réacteurs à l'arrière. Cabine conditionnée.
VEREINIGTE FLUGTECHNISCHE WERKE 614	21,55	21,15	17 250	2 turboréacteurs Rolls-Royce M 45 H de 3 500 kg	730	44	1 700	Biréacteur pour étapes courtes, passagers ou fret. Aile en flèche à 15°. Cabine conditionnée.
ARGENTINE								
DINFIA Guarani II	19,53	14,86	7 120	2 turbopropulseurs Turbomeca Bastan VI-A de 930 ch	500	10/15	2 575	Transport léger.
TURBAY T-3 B	13,52	11,23	3 200	2 moteurs Lycoming ou Continental 250/350 ch	350/420	5/9	1 600/2 400	Transport léger. Version T-4 pour 12 passagers avec 2 turbopropulseurs 550/700 ch, poids 4 000 kg, 475 km/h.
BRÉSIL								
PAR Bandeirante	15,42	12,74	4 500	2 turbopropulseurs Pratt et Whitney PT 6 A-20 de 550 ch	430	7/9	1 850	Biturbopropulseur léger. Versions en préparation pour 14 et 30 passagers.
CANADA								
CANADAIR CL-84	10,16	14,40	5 715	2 turbopropulseurs Lycoming TS-3 de 1 500 ch	500	16	550	V/STOL à voilure et hélices basculantes pour applications militaires et civiles. 2 rotors de queue contrarotatifs (diamètre 2,13 m) pour contrôle en vol vertical et à faible vitesse. Décollé en 43 m en version STOL.
CL-215	28,60	19,35	16 330	2 moteurs Pratt et Whitney R-2800 de 2 100 ch		19/32	2 000	Amphibie conçu primitivement comme avion-citerne de lutte contre les incendies. Aile haute.
DE HAVILLAND DHC-2 Turbo-Beaver	14,64	10,75	2 435	1 turbopropulseur Pratt et Whitney PT6-A de 578 ch	250	8/10	1 080	Transport léger à décollage court. Aile haute. Train fixe pouvant être équipé de skis ou de flotteurs.
DHC-4A Caribou	29,15	22,15	12 930	2 moteurs Pratt et Whitney R-2000 de 1 450 ch	350	30	2 100	Transport civil et militaire à décollage court. Aile haute. Rampe de chargement arrière.
DHC-5 Buffalo	29,26	24,10	18 600	2 turbopropulseurs General Electric T 64 de 3 055 ch	435	41	3 500	Transport militaire tactique à décollage court dérivé du Caribou. Aile haute. Rampe de chargement arrière. Version commerciale DHC-5A pour 55 passagers.
DHC-6 Twin Otter	19,80	15,75	5 250	2 turbopropulseurs Pratt et Whitney PT 6A de 578 ch	305	13/19	1 500	Transport léger civil et militaire à décollage court. Aile haute. Train tricycle fixe pouvant être équipé de flotteurs. Version 300 avec turbopropulseur de 652 ch à performances améliorées.
ESPAGNE								
CASA 207 Azor	27,80	20,85	16 500	2 moteurs Bristol Hercules 730 de 2 040 ch	455	30/40	2 600	Transport militaire personnel ou fret. Aile basse, cabine conditionnée.
Aviocar	19	15,15	6 000	2 turbopropulseurs Pratt et Whitney PT 6A de 652 ch ou AiResearch TPE 331 de 755 ch	370	18	1 900	Biturbopropulseur léger à décollage court, civil et militaire. Aile haute. Train fixe. Rampe de chargement arrière.
ÉTATS-UNIS								
BEECHCRAFT Model 99	14	13,60	4 715	2 turbopropulseurs Pratt et Whitney PT 6A de 550 ch	400	16	1 700	Biturbopropulseur léger pour passagers et fret.
BOEING 707-120 B	39,90	44,22	116 600	4 turboréacteurs Pratt et Whitney JT3 D-3 de 8 165 kg	995	100/181	10 000	Long-courrier transcontinental, aile en flèche à 35°, cabine pressurisée et conditionnée.

Constructeur et type	Envergure (m)	Longueur (m)	Poids maximum au décollage (kg)	Propulsion	Vitesse maximum ou de croisière (km/h)	Nombre de passagers	Autonomie maximum (km)	Observations
707-320 B	44,42	46,60	148 325	4 turboréacteurs Pratt et Whitney JT3 D-3 de 8 165 kg	966	167/189	12 250	Version intercontinentale. Version 320 C fret ou mixte pouvant emporter jusqu'à 202 passagers.
720	39,87	41,68	106 140	4 turboréacteurs Pratt et Whitney JT3 D-3 de 8 165 kg	983	88/167	9 000	Version allégée moyen-long-courrier.
727	39,90	40,60	73 000	3 turboréacteurs Pratt et Whitney JT8 D-1 de 6 350 kg	974	70/131	5 600	Triréacteur pour étapes courtes ou moyennes. Aile en flèche à 32°. Réacteurs à l'arrière. Cabine pressurisée et conditionnée. Version C fret ou mixte. Version allongée 727-200 (46,70 m) pour 120/189 passagers.
737	28,35	28,65	50 000	2 turboréacteurs Pratt et Whitney JT8 D-1 de 6 580 kg	925	113	4 500	Biréacteur pour étapes courtes ou moyennes. Aile en flèche à 25°. Cabine pressurisée et conditionnée. Version C fret ou mixte. Version allongée 737-200 (30,50 m) pour 119 passagers.
747	59,64	70,50	322 000	4 turboréacteurs Pratt et Whitney JT9 D-3 de 19 730 kg	1 030	374/490	14 000	Quadriréacteur à grande capacité («jumbo jet»). Aile en flèche à 37° 30'. Cabine pressurisée et conditionnée. Version agrandie en préparation.
SST	43	85	340 000	4 turboréacteurs General Electric GE4 de 30 000 kg	Mach 2,7	299	6 500	Long-courrier supersonique en cours de développement.
GRUMMAN Gulfstream I	23,90	19,45	16 000	2 turbopropulseurs Rolls-Royce Dart de 2 210 ch	560	10/14	4 000	Transport léger type affaires. Cabine pressurisée et conditionnée. Peut être aménagé pour 24 passagers.
Gulfstream II	21	24,35	26 000	2 turboréacteurs Rolls-Royce Spey de 5 170 kg	940	19	6 000	Transport léger type affaires. Aile en flèche à 25°. Turboréacteurs à l'arrière. Cabine pressurisée et conditionnée.
HELIO Stallion	12,52	12,05	2 300	1 turbopropulseur Pratt et Whitney PT6A de 620 ch	340	10	1 750	Transport léger. Aile haute. Train fixe. En dérive le Model H-634 avec 2 turbopropulseurs Allison 250 de 317 ch.
LOCKHEED L-1011 Tristar	47,35	54	185 550	3 turboréacteurs Rolls-Royce RB-211 de 18 415 kg	945	250/345	8 400	Triréacteur à grande capacité pour étapes moyennes. Aile en flèche à 35°. Deux réacteurs sous l'aile, un réacteur à l'arrière à la base de la dérive.
C-130 Hercules	40,25	29,78	70 300	4 turbopropulseurs Allison T 56 de 4 050 ch	615	92	3 900	Transport militaire. Aile haute. Fuselage pressurisé et conditionné. Utilisations multiples, fret ou personnel, véhicules, engins lourds. Version HC-30H de reconnaissance avec 4 turbopropulseurs Allison T 56 de 4 500 ch. Existe en version commerciale.
JetStar	16,60	18,42	19 000	4 turboréacteurs Pratt et Whitney JT 12 A de 1 500 kg	910	10	3 760	Quadriréacteur de transport léger. Aile en flèche à 30°. Réacteurs par paires à l'arrière. Cabine pressurisée et conditionnée.
C-141 A Starlifter	48,75	44,20	143 600	4 turboréacteurs Pratt et Whitney TF 33 de 9 525 kg	920	154	9 880	Transport militaire à long rayon d'action. Aile haute en flèche à 25°. Rampe de chargement arrière. Fuselage pressurisé et conditionné. Version spéciale pour transport d'engin intercontinental Minuteman qui pèse 40 000 kg avec son container. Transport militaire lourd. Aile haute en flèche à 25°. Fuselage pressurisé et conditionné. Destiné surtout au transport de fret. Peut emporter 16 camions ou 10 engins Pershing avec leurs véhicules de service. Rampe de chargement avant et arrière.
C-5A Galaxy	67,90	75	322 000	4 turboréacteurs General Electric TF 39 de 18 600 kg	920		11 500	
L-500 Galaxy	67,90	76,20	370 250	4 turboréacteurs Pratt et Whitney JT9D de 20 620 kg	895		13 500	Version commerciale du précédent de même configuration. En préparation.
McDONNELL-DOUGLAS								
Douglas DC-8 Series 50	43,40	45,90	147 400	4 turboréacteurs Pratt et Whitney JT3D-1 de 7 720 kg ou JT3D-3 de 8 175 kg	960	116/179	11 200	Long-courrier. Aile en flèche à 30°. Cabine pressurisée et conditionnée. Existe en versions domestiques (Series 10 et 20) et en versions intercontinentales (Series 30, 40 et 50). Version DC-8F Jet Trader mixte passagers et fret ou cargo.
Douglas DC-8 Series Super 60	44,85	56,75	158 900	4 turboréacteurs Pratt et Whitney JT3D-3 de 8 175 kg ou JT3D-7 de 8 618 kg	960	189/259	12 200	Version à fuselage allongé du précédent. Existe en versions mixtes ou cargo.
Douglas DC-9	28,45	38,30	51 750	2 turboréacteurs Pratt et Whitney JT8D-9 de 6 575 kg	905	68/125	2 300	Biréacteur pour étapes courtes ou moyennes. Aile en flèche à 24°. Cabine pressurisée et conditionnée. Versions mixtes ou cargo.
Douglas DC-10	47,35	54,75	224 000	3 turboréacteurs General Electric CF6/36 de 17 915 kg	955	270/343	8 000	Triréacteur à grande capacité. Aile en flèche à 35°. 2 réacteurs sous l'aile et un à l'arrière à la base de la dérive. Cabine pressurisée et conditionnée.
NORTH AMERICAN Sabreliner	13,55	14,30	8 900	2 turboréacteurs Pratt et Whitney JT12A de 1 500 kg	905	10	3 220	Biréacteur léger type affaires. Aile en flèche à 38° 33'. Réacteurs à l'arrière. Cabine pressurisée et conditionnée.
FRANCE								
BREGUET 941 S	23,40	23,75	26 500	4 turbines Turbomeca Turmo III D 3 de 1 500 ch	465	57	3 100	Transport civil (passagers ou fret) ou militaire. Aile haute. Utilise la technique de la voilure soufflée pour décollage court. Rampe de chargement arrière. La version militaire peut emporter 40 hommes équipés.
DASSAULT Mystère 20	16,30	17,15	12 300	2 turboréacteurs General Electric CF 700 de 1930 kg	Mach 0,88	8/14	3 500	Biréacteur léger type affaires réalisé en collaboration avec Sud-Aviation. Commercialisé aux U.S.A., sous le nom de Fan Jet Falcon. Aile basse en flèche à 30°. Réacteurs à l'arrière. Cabine pressurisée et conditionnée.
Mystère 10			5 000	2 turboréacteurs Pratt et Whitney JT15D ou Turbomeca Larzac		6/10		Biréacteur léger type affaires appelé aussi Mini Falcon.
Hirondelle	14,55	12,25	5 550	2 turbopropulseurs Turbomeca Astazou XIV	500	6/14	3 000	Biturbopropulseur type affaires, passagers et fret. Aile basse. Cabine pressurisée et conditionnée.

AVIONS DE TRANSPORTS (suite)

Constructeur et type	Envergure (m)	Longueur (m)	Poids maximum au décollage (kg)	Propulsion	Vitesse maximum ou de croisière (km/h)	Nombre de passagers	Autonomie maximum (km)	Observations
FRANCE (suite)								
Mercure	30,55	34	49 500	2 turboréacteurs Pratt et Whitney JTBD-11 de 6 800 kg	950	134/155		Court-courrier à grande capacité à l'étude en collaboration avec plusieurs constructeurs européens (Fiat en particulier).
NORD-AVIATION Nord-262	21,90	19,28	10 600	2 turbopropulseurs Turboméca Bastan VII de 1 145 ch	460	26/29	1 850	Transport passagers ou fret pour étapes courtes. Aile haute. Cabine pressurisée et conditionnée.
Transall C-160	40	32,04	49 100	2 turbopropulseurs Rolls-Royce Tyne (Hispano) RTy-20 de 5 745 ch	535	93	4 850	Transport lourd civil et militaire. Réalisé en collaboration avec Hamburger Flugzeugbau et Vereinigte Flugtechnische Werke. Aile haute. Cockpit et soutes pressurisés et conditionnés. Possibilité d'adaptation de 2 réacteurs auxiliaires (p. ex. Rolls-Royce RB-62) pour décollage court. Rampe de chargement arrière.
SUD-AVIATION Caravelle VI R	34,30	32	50 000	2 turboréacteurs Rolls-Royce Avon 533 R de 5 725 kg	845	64/80	2 550	Biréacteur moyen-courrier. Aile en flèche à 20°. Réacteurs à l'arrière. Cabine pressurisée et conditionnée. Version 10 R (passagers) et 11 R (passagers et fret) avec turboréacteurs Pratt et Whitney JT8D-7 de 6 350 kg.
Super Caravelle	34,30	33	52 000	2 turboréacteurs Pratt et Whitney JT8D-7 de 6 350 kg	835	68/104	3 280	Version allongée du précédent.
Caravelle 12 SN 600 Diplomate	12,80	12,79	5 233	2 turboréacteurs SNECMA M 49 Larzac de 1 045 kg	825	8/16	2 000	Version allongée pour 128 passagers. Transport léger toutes missions, réalisé en collaboration avec Nord-Aviation. Aile en flèche à 22,9°. Réacteurs à l'arrière. Cabine pressurisée et conditionnée. Peut utiliser des terrains non aménagés.
Concorde	25,60	58,85	166 500	4 turboréacteurs Rolls-Royce-SNECMA Olympus 593 de 17 300 kg avec postcombustion	Mach 2,2	128/144	7 500	Long-courrier supersonique réalisé en collaboration avec British Aircraft Corporation. Aile ogivale en delta. Nez basculant. Cabine pressurisée et conditionnée.
Airbus A 300 B	44,80	50,20	125 000	2 turboréacteurs Rolls-Royce RB 211 de 21 300 kg	935	252	2 200	Moyen-courrier à grande capacité, étudié en collaboration avec Hawker-Siddeley (G.-B.) et Deutsche Airbus (Allemagne). Aile en flèche à 28°. Versions à haute densité jusqu'à 281 passagers. En projet.
GRANDE-BRETAGNE								
BAC Super VC-10	44,55	52,30	152 000	4 turboréacteurs Rolls-Royce Conway RCo-43 de 10 200 kg	935	163/174	11 450	Quadriréacteur long-courrier. Aile en flèche à 32,5°. Cabine pressurisée et conditionnée. Version mixte et cargo.
One Eleven Series 200	27	28,50	35 600	2 turboréacteurs Rolls-Royce Spey-2 Mk 506 de 4 725 kg	880	89	2 000	Biréacteur pour étapes courtes ou moyennes. Aile en flèche à 20°. Réacteurs à l'arrière. Cabine pressurisée et conditionnée. Séries 300 et 400 avec 2 turboréacteurs Rolls-Royce Spey Mk 511 de 5 170 kg, autonomie 3 120 km. Séries 500 à fuselage allongé (envergure 29,40 m, longueur 32,60 m), 2 turboréacteurs Rolls-Royce Spey Mk 512 de 5 690 kg, 97/109 passagers, poids 44 500 kg, autonomie 2 850 km. Existe en version affaires. Projet d'Airbus.
BAC 311				2 turboréacteurs Rolls-Royce RB 211				
BRITTEN NORMAN NB-2 Islander	14,95	10,90	2 750	2 moteurs Rolls-Royce Continental TS 10-520 de 300 ch	290	10	1 300	Transport léger pour lignes d'apport, passagers et fret. Aile haute. Train fixe.
HANDLEY-PAGE Herald	28,90	23	19 500	2 turbopropulseurs Rolls-Royce Dart R.Da 7 de 2 105 ch	560	50/56	2 800	Transport pour étapes courtes ou moyennes. Aile haute. Cabine pressurisée et conditionnée. Série 400 de transport militaire.
Jetstream	15,85	14,35	5 670	2 turbopropulseurs Turboméca Astazou XIV de 650 ch	500	4/18	3 060	Transport pour lignes d'apport ou affaires. Cabine pressurisée et conditionnée. Version avec 2 turbopropulseurs AiResearch TPE-331 de 895 ch.
HAWKER-SIDDELEY HS-125	14,35	14,50	9 850	2 turboréacteurs Rolls-Royce Viper 522 de 1 525 kg	805	8	2 775	Transport léger type affaires. Aile en flèche à 20°. Réacteurs à l'arrière. Cabine pressurisée et conditionnée. Version militaire Dominie.
748	30	20,40	20 200	2 turbopropulseurs Rolls-Royce Dart R.Da 7 de 2 230 ch	460	40/62	3 100	Transport pour étapes courtes ou moyennes. Cabine pressurisée et conditionnée. Existe en version affaires, cargo ou mixte. Version militaire Andover allongée (23,75 m) avec 2 turbopropulseurs Rolls-Royce Dart R.Da 12 de 3 245 ch, rampe de chargement arrière, pouvant emporter 58 hommes équipés et véhicules divers.
Trident	29,90	35	65 000	3 turboréacteurs Rolls-Royce Spey RB 163-25 de 5 410 kg	970	91/115	3 900	Moyen-courrier. Aile en flèche à 35°. Réacteurs à l'arrière. Cabine pressurisée et conditionnée. Version à grande capacité pour étapes courtes avec fuselage allongé (40 m) devant transporter jusqu'à 152 passagers.
SHORT Skyvan	19,55	12,20	5 700	2 turbopropulseurs Turboméca Astazou XII de 690 ch	320	19	1 000	Transport léger civil et militaire. Aile haute. Train fixe. Version avec 2 turbopropulseurs AiResearch TPE 331 de 715 ch.
ISRAEL								
ISRAEL AIRCRAFT Arava	21	13	5 650	2 turbopropulseurs Pratt et Whitney PT6 A de 620 ch	360	18/22	1 300	Transport léger tous usages à décollage court. Aile haute. Empennage bipoutre. Train fixe pouvant être équipé de flotteurs.

Constructeur et type	Envergure (m)	Longueur (m)	Poids maximum au décollage (kg)	Propulsion	Vitesse maximum ou de croisière (km/h)	Nombre de passagers	Autonomie maximum (km)	Observations
ITALIE								
FIAT G 222	28,70	22,70	26 500	2 turbopropulseurs General Electric T 64 de 3 400 ch	520	44	5 000	Transport militaire à décollage court. Aile haute. Rampe de chargement arrière. Version civile pour 50 passagers en cabine pressurisée et conditionnée. Version à décollage vertical à l'étude.
PIAGGIO PD-808	11,45	12,85	8 165	2 turboréacteurs Rolls-Royce Viper de 1 520 kg	850	5/8	2 000	Biréacteur léger civil et militaire réalisé en coopération avec Douglas. Réacteurs à l'arrière. Cabine pressurisée et conditionnée.
JAPON								
MITSUBISHI MU-2	12	10,15	4 500	2 turbopropulseurs AiResearch TPE 331 de 705 ch	500	10	2 500	Transport léger à décollage court. Aile haute. Cabine pressurisée et conditionnée. Version militaire de reconnaissance et de sauvetage.
NAMC YS-11	32	26,30	24 500	2 turbopropulseurs Rolls-Royce Dart R.Da 10 de 3 060 ch	470	60	2 100	Transport passagers et fret pour étapes courtes et moyennes. Cabine pressurisée et conditionnée.
PAYS-BAS								
FOKKER F-27 Friendship	29	23,50	19 750	2 turbopropulseurs Rolls-Royce Dart R.Da de 2 050 ch	475	40/52	1 975	Moyen-courrier fabriqué aussi aux États-Unis (Fairchild-Hiller). Aile haute. Cabine pressurisée et conditionnée. Existe en version cargo, mixte et version allongée (25 m).
F-28 Fellowship	23,60	27,35	25 700	2 turboréacteurs Rolls-Royce Spey Junior de 4 468 kg	850	40/65	1 950	Biréacteur pour étapes courtes construit en collaboration avec Hamburger Flugzeugbau, Vereinigte Flugtechnische Werke en Allemagne et Short en Irlande du Nord. Aile en flèche à 16°. Réacteurs à l'arrière. Cabine pressurisée et conditionnée.
SUISSE								
PILATUS PC-6 Porter	15,15	10,20	2 200	1 moteur Lycoming GSO-480 de 340 ch	210	10	1 200	Monomoteur tous services à décollage court. Aile haute. Train fixe (roues, skis ou flotteurs). Version Turbo-Porter avec turbopropulseur Astazou de 520 ch ou Pratt et Whitney PT 6 A de 550 ch ou AiResearch TPE 331 de 575 ch, (fabriqué aussi par Fairchild-Hiller aux États-Unis).
PC-8 Twin-Porter	15,60	10,50	2 700	2 moteurs Lycoming IO-540 de 290 ch	260	9	1 400	Birotor tous services à décollage court dérivé du précédent. Aile haute. Train fixe (roues, skis ou flotteurs).
TCHÉCOSLOVAQUIE								
OMNIPOL L 410	17,10	13,70	5 000	2 turbopropulseurs M 601 de 700 ch	380	12/18	1 200	Biturbopropulseur léger pour lignes d'apport, passagers ou fret, pouvant opérer à partir de terrains sommairement aménagés. Aile haute.
U.R.S.S.								
ANTONOV An-2M	18,20	13	5 500	1 moteur Shvetsov de 1 000 ch	250	10	900	Biplan toutes missions fabriqué aussi en Chine et en Pologne. Train fixe pouvant être équipé de skis ou flotteurs. Versions diverses : agriculture, transport passagers et fret, sauvetage, etc. Version améliorée An-6.
An-10A	38	34	55 000	4 turbopropulseurs Ivchenko AI-20K de 4 000 ch	715	100/130	4 000	Transport pour lignes domestiques. Aile haute. Cabine pressurisée et conditionnée. Peut être équipé de skis. Version cargo An-12 civil et militaire avec rampe de chargement arrière.
An-14	22	11,35	3 600	2 moteurs Ivchenko AI-14 RF de 300 ch	230	7	680	Transport léger à décollage court toutes missions type affaires, civil et militaire. Aile haute. Train fixe.
An-22 Anthée	64	57,50	250 000	4 turbopropulseurs Kuznetsov NK-12 MA de 15 000 ch	740		11 000	Transport lourd long-courrier, civil et militaire, passagers et fret. Aile haute. 2 hélices contrarotatives par turbopropulseur. Rampe de chargement arrière. Version type airbus en projet pour 350 passagers et 30 000 kg de fret.
An-24 V	29,20	23,55	21 000	2 turbopropulseurs Ivchenko AI-24 T de 2 820 ch	530	50	2 400	Transport pour lignes d'apport existant en versions militaires. Aile haute. Cabine pressurisée et conditionnée. Existe en version cargo, mixte, convertible et affaires.
BERIEV Be-30	17	15	5 700	2 turbopropulseurs TVD-10 de 970 ch	480	15	1 300	Transport léger pour étapes courtes. Aile haute. Cabine conditionnée.
ILYUCHIN II-18	37,40	36	61 200	4 turbopropulseurs Ivchenko AI-20 de 4 250 ch	680	90/122	3 200	Moyen-courrier. Cabine pressurisée.
II-62	43,30	53,12	157 500	4 turboréacteurs Kuznetsov NK-8 de 10 500 kg	900	85/186	9 200	Quadriréacteur long-courrier. Aile en flèche à 35°. Réacteurs à l'arrière. Cabine pressurisée et conditionnée. Version allongée II-62 M pour 204 passagers.
TUPOLEV Tu-114	51	54	170 000	4 turbopropulseurs Kuznetsov NK-12M de 14 800 ch	870	117/220	9 000	Version civile long-courrier dérivée du bombardier Tu-20. Aile en flèche à 35°, 2 hélices contrarotatives par turbopropulseur. Cabine pressurisée et conditionnée.
Tu-124	25,50	30,55	38 000	2 turboréacteurs Soloviev D-20 T de 5 400 kg	970	44/56	2 100	Biréacteur pour étapes courtes et moyennes. Ailes en flèche à 35°. Cabine pressurisée et conditionnée. Version luxe pour 22 passagers.
Tu-134	29	35	44 000	2 turboréacteurs Soloviev D-30 de 6 800 kg	900	64/72	3 500	Biréacteur pour étapes courtes et moyennes, dérivé du précédent avec réacteurs à l'arrière. Cabine pressurisée et conditionnée.
Tu-144	27	58,50	130 000	4 turboréacteurs Kuznetsov NK-144 de 17 500 kg	Mach 2,3	130	6 500	Long-courrier supersonique. Aile ogivale en delta.
Tu-154	37,50	48	85 000	3 turboréacteurs Kuznetsov NK-8 de 9 500 kg	1 000	128/164	5 600	Moyen/long-courrier. Aile en flèche à 35°. Réacteurs à l'arrière. Cabine pressurisée et conditionnée. Version Tu-154 M type airbus pour 250 passagers.
YAKOVLEV Yak-40	25	20,20	13 500	3 turboréacteurs Ivchenko AI-25 de 1 500 kg	750	24/31	1 650	Transport pour étapes courtes pouvant opérer à partir de terrains sommairement aménagés. Réacteurs à l'arrière. Cabine pressurisée et conditionnée.



AIRBUS ET AVIONS GEANTS

A la cadence où croît le trafic aérien, on ne peut s'étonner que les avions grossissent. De 1950 à 1968 le nombre des passagers a été multiplié par dix : trois cents millions au lieu de trente millions. Sur l'Atlantique Nord, il s'est développé plus vite : en quinze années, de 1953 à 1968, plus de cinq millions contre cinq cent mille. Même si ce taux de progression s'abaisse un peu au cours des prochaines années, on ne peut continuer à embouteiller l'espace aérien autour des grands aéroports avec des moyen-courriers pour 100 passagers et des

long-courriers pour 180 passagers. Les Airbus de 250 à 350 passagers succéderont aux premiers ; les Boeing 747 pour 360-490 passagers aux seconds.

La progression dans la capacité des avions ne se poursuit pas régulièrement, mais par à-coups. De 1968 à 1972, le transport aérien va connaître, dans le domaine du moyen-courrier, la naissance de l'Airbus, et dans celui du long-courrier, celle des avions géants dont le Boeing 747 est le premier. Aussi bien en moyen-courrier qu'en long-courrier, quelques tentatives avaient été fai-



tes pour rompre avec la formule des 100 places pour le premier, des 180 places pour le second, qui satisfait les transporteurs depuis une dizaine d'années. En moyen-courrier, elles datent de l'offre par Boeing, en août 1965, d'un 727-200 avec aménagement jusqu'à 189 passagers. Elle remporta un grand succès. Les livraisons ont commencé au début de 1968, aussi bien aux Etats-Unis qu'en Europe. En long-courrier, McDonnell-Douglas offrit, en 1965 également, d'appliquer la même formule de l'allongement du fuselage à ses DC-8, avec trois

Le Lockheed C-5 A Galaxy, cargo géant destiné au Military Airlift Command de l'US Air Force, a ouvert l'ère des très gros avions de transport.

A ce titre au moins, il figurera dans les annales de l'Aéronautique.

Par pulvérisation d'eau absorbée ensuite par l'un des réacteurs du C-5A, on procède ici à des essais de fonctionnement en atmosphère givrante.

types différents du DC-8 Série 60, pouvant emporter jusqu'à 259 passagers au lieu des 179 passagers du DC-8 livré jusqu'alors. L'accueil fut également excellent. Le construc-

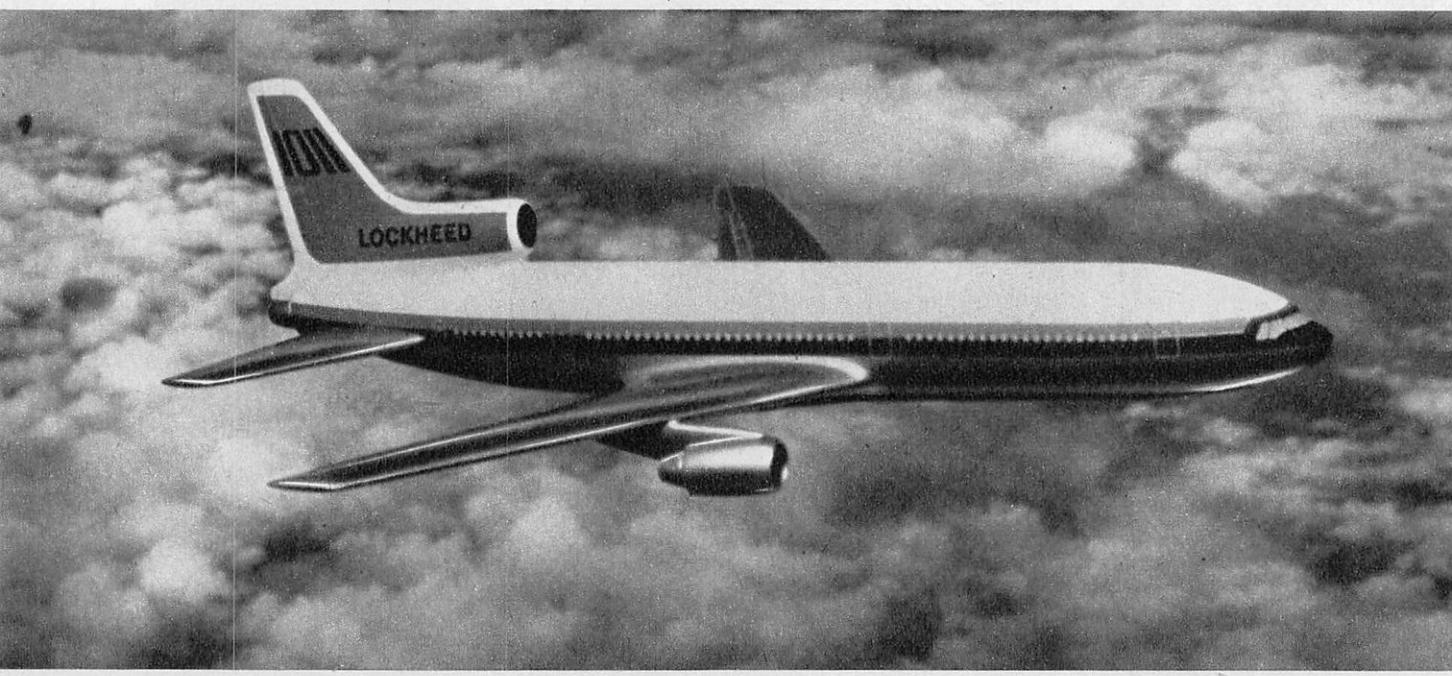
teur reçut plus de 150 commandes dont il a commencé les livraisons l'an dernier.

Les Airbus

Devant le développement du transport aérien, l'embouteillage des aéroports et le manque de pilotes, le Boeing 727-200 ne pouvait être qu'une étape. D'autant que les transporteurs n'utilisaient généralement pas l'aménagement à haute densité, en 189 sièges, offert par le constructeur. C'est ainsi

qu'Air France, qui a passé une commande de 10 exemplaires pour compléter ses 44 Caravelles, le présente, aménagé pour 168 passagers, comme un moyen-courrier de luxe qu'elle qualifie de « Super B-727 ».

La demande pour un Airbus européen ne date pas de l'accord de principe entre la France, la Grande-Bretagne et l'Allemagne fédérale en septembre 1967. Air France le réclamait depuis cinq ans. Restait à s'accorder sur le programme et à répartir la construction de la cellule et du moteur entre les trois industries aéronautiques intéressées.



En octobre 1965, la tendance générale se dessinait en faveur d'un appareil de 200 places. Le succès remporté par le triréacteur Boeing 727-200, de 76 600 kg, avec des commandes de 75 unités pour American Air Lines, 75 pour Eastern Air Lines, 148 pour United Air Lines, et une livraison annoncée pour 1968, incitait la clientèle à relever ses exigences. Réunies à Paris en février 1967, la majorité des compagnies européennes exprima le désir de disposer d'un appareil de 250 places à partir de 1975. Plus optimistes encore, en septembre suivant, les ministres des Transports français, britannique et allemand conclurent un accord provisoire pour un Airbus A-300 biréacteur, de 298 places en version à haute densité, avec rayon d'action de 2 500 km à pleine charge adapté aux liaisons intra-européennes. Les ministres renvoient leur accord définitif à juillet 1968, le subordonnant à une commande ferme de 25 appareils par chacune des trois

Avec son modèle 1011, baptisé depuis Tristar, Lockheed a fait sa rentrée sur le marché des avions de transport de gros tonnage, tentée et ratée avec l'Electra voici dix ans. Cet Airbus triréacteur pourra transporter jusqu'à 345 passagers dans son immense cabine aménagée de rangées de 8 sièges et parcourue par deux allées sur toute sa longueur. Les offices seront au « sous-sol ». Comme sur tous les appareils de la même génération, des porte-bagages clos éviteront la comédie des bagages à main glissés sous le siège, difficiles à atteindre et qui gênent le passager suivant.



compagnies nationales, Air France, British European Airways et Lufthansa. La maîtrise d'œuvre de la cellule revenait à Sud-Aviation, avec deux sous-traitants, Hawker-Siddeley en Grande-Bretagne, Deutsche Airbus en Allemagne. La maîtrise d'œuvre du réacteur était confiée à Rolls-Royce, pour un RB-207 de 21 540 kg de poussée.

Restait à obtenir l'accord des constructeurs et des transporteurs. Les premiers y consentirent aisément, Sud-Aviation avec sa maîtrise d'œuvre, Hawker Siddeley et Deutsche Airbus avec une importante sous-traitance, tout comme Rolls-Royce avec la maîtrise d'œuvre du réacteur. Les difficultés commençaient avec les transporteurs. Air France acceptait fort bien de commander 25 Airbus, complétant vers 1975 les Boeing 727-200 qu'elle allait recevoir. Lufthansa, vieille cliente de Boeing dont elle attendait la livraison des mêmes 727-200, estimait n'avoir aucun besoin d'un avion de 300 places. Pas davantage la B.E.A., à laquelle le gouvernement britannique avait refusé, pour des raisons de balance des comptes, l'achat de ce même appareil à Boeing. Elle réclamait, bien avant un Airbus de 300 places livrable en 1975, un avion de quelque 200 passagers, que la British Aircraft Corporation lui promettait pour 1972.

On ne pouvait évidemment espérer que les constructeurs américains abandonneraient l'exclusivité de l'Airbus à l'industrie européenne. Satisfait des commandes reçues pour son 747 géant à 374-490 passagers, qui a effectué son premier vol le 9 février et entrera en service cette année, Boeing pouvait attendre. Mais, dès l'accord provisoire des ministres européens en septembre 1967, Lockheed et McDonnell-Douglas entrèrent en lice.

Le premier, Lockheed pouvait annoncer, en janvier 1968, qu'il venait de recevoir commande de 144 L-1011, pour T.W.A., Eastern Airlines et Air Holdings, une compagnie britannique spécialement créée pour la revente du L-1011 à l'exportation. L'appareil était un triréacteur pour 345 passagers en classe économique. Rolls-Royce recevait la commande des réacteurs, des RB-211 de 18 400 kg de poussée. Répondant à la demande générale des transporteurs américains, qui veulent un avion permettant le vol direct de la côte Est à la côte Ouest des Etats-Unis, le rayon d'action a été fixé à 5 300 km. Le poids au décollage est de 185 500 kg. Le constructeur évalue à 500 unités le marché possible d'ici 1975, dont 350 pour les Etats-Unis et 150 pour les compagnies étrangères, le marché total potentiel passant à 1 000 pour 1980.



En février 1968, McDonnell-Douglas recevait de son côté une première commande de 25 DC-10 des American Airlines, suivie de plusieurs autres. L'appareil, de 186 000 kg au décollage, est aménagé pour 343 passagers en classe économique, avec 5 150 km de rayon d'action. C'est, comme le L-1011, un triréacteur, équipé de trois General Electric CF-6 de 18 000 kg de poussée. Plus optimiste que Lockheed, McDonnell-Douglas estime à 1 300 appareils le marché possible pour les Airbus américains en 1980, dont il espère s'attribuer un peu plus de la moitié.

Aussi bien pour le L-1011 que pour le DC 10, appareils de plus de 5 000 km de rayon d'action, la qualification de moyen-courrier n'est pas très exacte. Même dans leur formule initiale, il est préférable de les considérer comme « moyen-long-courriers ». Le premier, McDonnell-Douglas en a même annoncé deux autres versions. Le DC-10 Série 20 est équipé de trois réacteurs Pratt et Whitney JT9D-15 de 20 600 kg de poussée au lieu des General Electric CF-6, la charge payante passant à 41 900 kg au lieu de 36 500 kg, alors que la distance franchissable s'élèverait à 7 880 km. Des commandes ont déjà été reçues pour cette version. Une troisième version, qualifiée de DC-10 Série 30 est également annoncée, avec une charge payante de 43 800 kg et une distance franchissable de 8 030 kg.

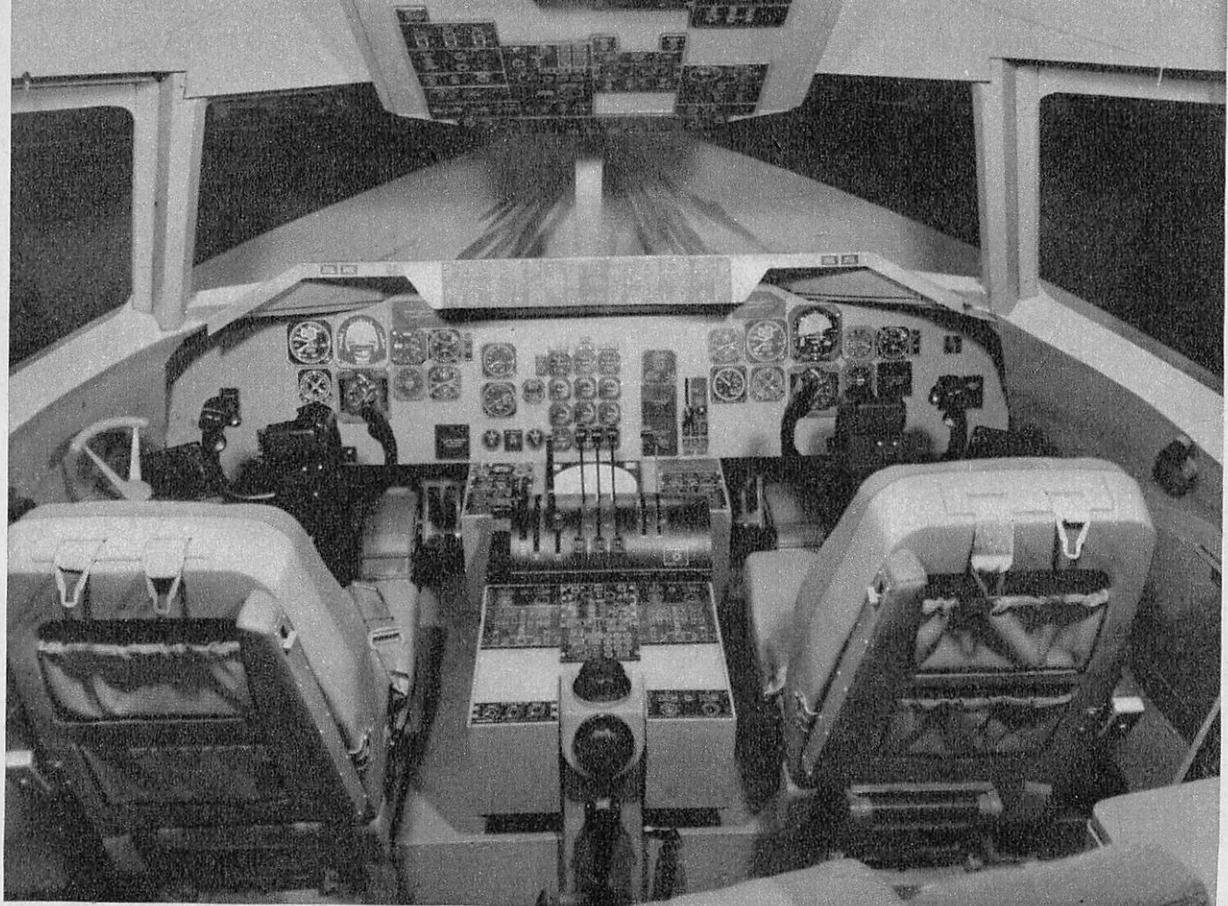
De son côté, Lockheed attend des versions

Assez comparable au Lockheed 1011 dans sa forme physique, le DC-10 transportera 343 personnes sur les lignes de 500 à plus de 5 000 km. Il sera aussi offert en version à long rayon d'action. Ses qualités de décollage lui permettront d'utiliser tous les principaux aéroports américains. Grâce à la grande section du fuselage, l'équipage disposera de beaucoup plus d'espace (photo en page de droite), que sur les appareils actuels.

de poussée accrue du Rolls-Royce RB-211. Elle passerait de 18 400 kg sur les appareils actuellement commandés à 19 500 kg en mars 1973, 21 100 kg en janvier 1975. Le poids au décollage du L-1011 pourrait ainsi être porté, avec des fuselages allongés, de 185 000 kg à plus de 214 000 kg. Le gain pourrait être appliqué indifféremment au relèvement du nombre de passagers transportés ou de la distance franchissable.

L'importance de l'Airbus pour les constructeurs américains se mesure à leurs carnets de commandes. Pour Lockheed, qui a placé 181 L-1011 l'an dernier, son carnet de commandes est passé de 2,27 milliards de dollars au 1^{er} janvier 1967 à 4,77 milliards au 1^{er} janvier 1968. Les 181 L-1011 entrent pour 48 % dans ce total.

Devant le succès remporté auprès des transporteurs par le Lockheed L-1011 pour 345 passagers et le McDonnell-Douglas DC-10 pour 343 passagers, qui voleront l'un et l'autre



tre en 1970 pour entrer en service en 1971, l'avenir d'un Airbus A-300 européen pour 298 passagers, livrable seulement en 1975, se présentait assez mal au début de 1969. Le seul espoir résidait dans une modification du programme accentuant les différences avec les appareils américains.

Sur proposition de Sud-Aviation, Hawker Siddeley et Deutsche Airbus acceptèrent de substituer au A-300 un A-300 B, aménagé pour 250 passagers seulement en version à haute densité. Le rayon d'action était parallèlement réduit de 2 500 à 2 200 km. Le poids au décollage descendait à 125 000 kg, avec le gros avantage de pouvoir utiliser, en biréacteur, les mêmes Rolls-Royce RB-211 que le triréacteur Lockheed L-1011 de 185 000 kg. On évitait ainsi la coûteuse étude d'un réacteur spécial. Réunis à Paris le 17 janvier dernier, les ministres des Transports français et allemand approuvèrent la modification du programme, dont il est difficile de contester le bien-fondé.

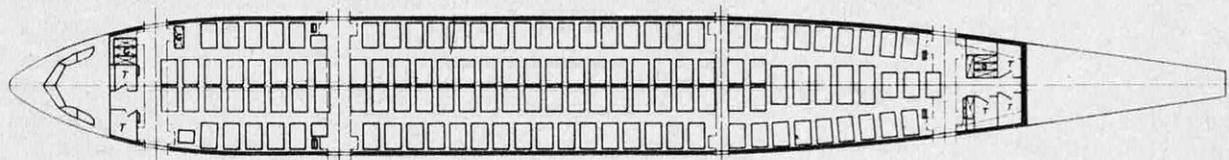
Reste à le faire accepter par M. Wedgwood Benn, leur collègue britannique. A l'époque où les trois ministres se mettaient d'accord sur le principe d'un Airbus A-300, le ministre britannique avait dû reconnaître la valeur des objections de la B.E.A. Le choix de l'Airbus la condamnait en effet à n'avoir, d'ici 1975, aucun moyen-courrier intermédiaire entre les B.A.C. 111 pour 109 passagers et l'A-300 pour 298 passagers. La B.E.A. n'avait eu aucune difficulté à se mettre d'accord avec la B.A.C., exclue du programme

Airbus au profit du second constructeur britannique de cellules, Hawker Siddeley, pour d'étude d'un B.A.C. 211, livrable dès 1972, aménagé pour 178 à 219 passagers. Les programmes d'avions grossissent toujours en cours d'étude. Sans atteindre le record de Concorde, passant en huit ans de quelque 100 000 kg à 170 000 kg, B.A.C. annonçait le 10 juillet 1968 que son projet évoluait vers un biréacteur B.A.C. 311 de 121 000 kg, avec divers aménagements possibles de 200 à 270 places. Ce choix présentait l'avantage d'utiliser comme réacteur le Rolls-Royce RB-211 commandé pour le Lockheed L-1011, donc de ne pas demander l'étude d'un réacteur particulier. C'était, mais avec six mois d'avance, la solution retenue en janvier dernier par Sud-Aviation, Deutsche Airbus et les ministres français et allemand des Transports : mêmes dimensions, mêmes poids, même rayon d'action, même nombre de passagers.

M. Wedgwood Benn peut-il accepter de subventionner à la fois la construction du B.A.C. 311 et celle de l'A-300 B, pour Hawker Siddeley et ses deux associés français et allemand ? Le budget britannique ne le permet pas et ce serait renoncer à tout espoir de faire un bénéfice sur un Airbus européen ou même de rentrer dans les frais de l'opération. La question met en jeu l'avenir des industries aéronautiques des trois pays. La transformation en une commande ferme



**AMÉNAGEMENT POUR 252 PASSAGERS « TOURISTE »
8 SIÈGES DE FRONT**



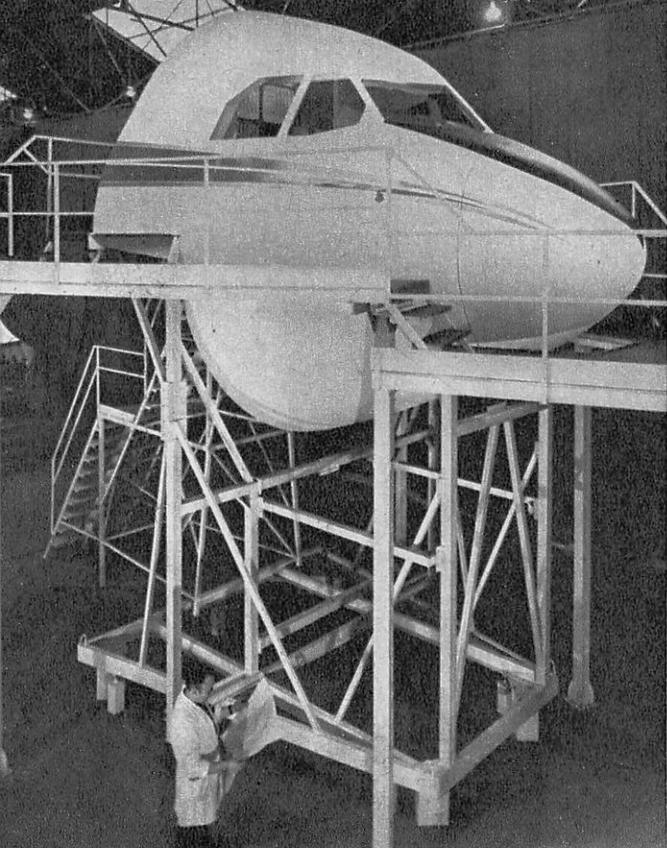
L'Airbus européen A 300-B — si toutefois il n'est pas tué dans l'œuf par de nouvelles vicissitudes politico-financières — sera de forme très classique. En aménagement standard, il transportera environ 250 passagers dans d'excellentes conditions. Sur la photo centrale, la pointe avant, en maquette, est à sa hauteur réelle. La carte en haut à droite donne une idée du réseau européen pour cet appareil, avec les temps de vol.

des options sur Concorde est loin d'être certaine. Elle n'apporterait, de toute façon, qu'un appoint assez faible au plan de charge de l'industrie aéronautique franco-britannique. L'Airbus promet davantage, même si les commandes n'atteignent pas, d'ici 1980, les 400 appareils qu'escomptent les constructeurs.

Le 10 février, un comité interministériel français se réunissait pour examiner la déci-

sion à prendre au sujet de l'A-300 B. Autour du premier ministre se trouvaient les deux ministres de tutelle de l'industrie aéronautique, M. Chamant, ministre des Transports, et M. Messmer, ministre des Armées, auxquels s'étaient joints les ministres des Finances, de la Recherche scientifique, du Plan et des Affaires sociales, accompagnés de nombreux experts. L'affaire fut renvoyée pour étude au Commissariat général du Plan. Le gouvernement envisagerait de se prononcer dans le courant de mars, après avoir « apprécié l'ensemble des investissements possibles dans les différents secteurs industriels de pointe, compte tenu des engagements financiers que l'on peut envisager pour les prochains exercices ».

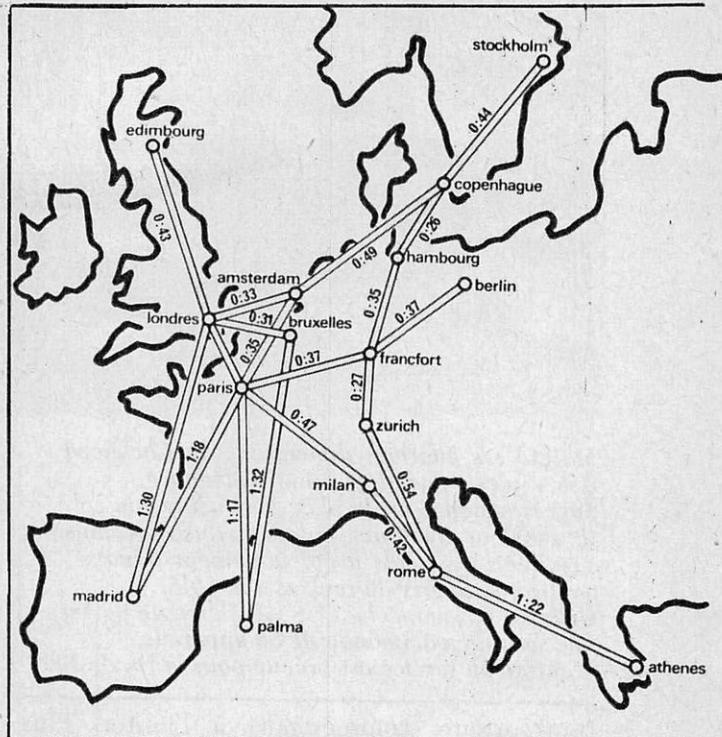
Après une campagne de plusieurs jours où l'on avait brandi la menace d'un licenciement de 10 000 à 12 000 personnes dans l'industrie aéronautique française si on ne lançait



pas dès maintenant la construction d'un A-300 B, une délégation parlementaire et intersyndicale obtenait de MM. Messmer et Chamant quelques précisions supplémentaires. Au cas où le commissariat au Plan donnerait un avis favorable, il était convenu que les trois gouvernements limiteraient leur « enveloppe » à 2,135 milliards de francs, les constructeurs devant avoir la charge des dépassements.

En avril dernier, les ministres français, allemand et britannique se réunissaient à Londres, sans parvenir à un accord. La France

Le BAC 311, proposé par la British Aircraft Corporation en concurrence à l'Airbus, serait de taille un peu plus petite, sa cabine étant, semble-t-il, aménagée pour 220 personnes. Il retiendrait la formule du « tout à l'arrière » et de l'empennage en T. Les réacteurs Rolls-Royce RB-211 seraient les mêmes que ceux du A 300-B.



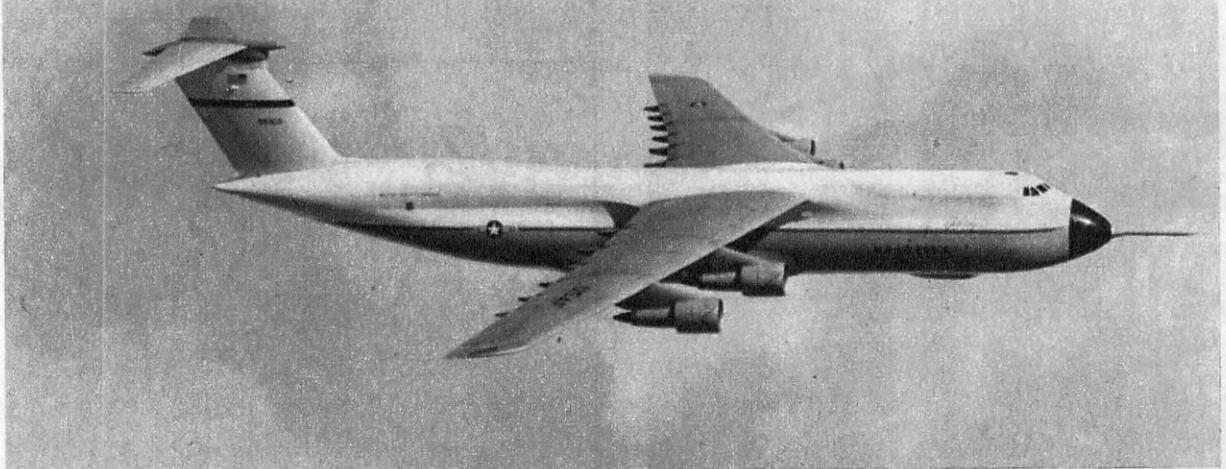
et l'Allemagne ont alors décidé d'engager seules le programme de l'Airbus A-300 B. Pour quelques mois encore, la porte reste ouverte à une participation britannique.

Les avions géants : Lockheed C-5 A et Boeing 747

La construction des avions géants, si l'on réserve ce qualificatif aux appareils dépassant 300 000 kg au décollage, remonte à 1965.

Le succès du quadriréacteur de plus de 100 000 kg s'était affirmé, onze ans plus tôt, en juillet 1954, avec le premier vol du Boeing 707, que ce constructeur venait de produire à ses frais. A l'époque, pourtant, l'U.S. Air Force préférait miser sur le quadriturbopropulseur comme avion de transport militaire. Les malheurs du quadriréacteur De Havilland Comet incitaient les





Malgré ses énormes dimensions, le Lockheed C-5A n'est pas dépourvu d'élégance. Succès complet sur le plan des qualités de vol, il a connu quelques ennuis industriels puisque son devis de poids a été largement dépassé tandis que le prix de revient a doublé. Cela n'a pas empêché l'U.S. Air Force de passer une seconde commande de 58 appareils. L'entrée en service est prévue pour la fin de 1969.

transporteurs commerciaux à l'imiter. Plus conservateurs encore, Douglas et Lockheed venaient de réussir une brillante campagne de vente de leurs plus récents long-courriers équipés de moteurs à pistons, les DC-7C et les Starliner. Dès son premier vol, l'avenir du Boeing 707 parut assuré : le mois suivant, l'U.S. Air Force passait au constructeur la commande d'une version militaire. Un an plus tard, elle l'autorisait à en placer une version civile, le 707-120, au poids de 112 000 kg. De nombreuses commandes suivirent, dont la première, 25 appareils pour la Pan American, permit l'entrée en service du Boeing 707 en décembre 1957.

En 1963, l'U.S. Air Force mit au concours un quadriréacteur de 272 200 kg (600 000 livres) pour le *Military Airlift Command*. On lui demandait de transporter une charge payante de 125 000 livres (56 700 kg) sur 8 000 milles (12 875 km). En concurrence avec Boeing et Douglas, Lockheed enleva la commande en octobre 1965 pour un avion qualifié de C-5 A. Le marché du réacteur, où Pratt et Whitney et General Electric étaient en compétition, échut à ce dernier avec un TF-39 de 18 640 kg de poussée, au rapport de dilution inaccoutumé de 8 à 1, donnant aux premiers étages de compression un diamètre de 2,49 m.

Le prototype du C-5 A a volé le 30 juin 1968. Les premiers avions de série seront livrés en juin 1969. En trois ans, le poids au décollage s'est accru, pour atteindre 330 000 kg. Sans approcher des records de dépassement (de délais et de crédits) détenus en Europe par Concorde et aux Etats-

Unis par le General Dynamics F-111, la construction du prototype est revenue à l'U.S. Air Force deux fois plus cher que prévu. Si bien que le Congrès va ouvrir une enquête sur l'affaire et que le très important marché du C-5 A, une commande ferme de 58 appareils avec option sur 142 autres, a risqué d'être remis en cause. Lockheed a essayé, sans succès jusqu'ici, de placer une version pour passagers ou pour fret du même appareil.

Concurrent malheureux de Lockheed pour l'attribution du contrat du *Military Airlift Command*, Boeing décida, en décembre 1965, d'appliquer l'étude qu'il avait faite à un avion commercial, le Boeing 747, aux trois versions de transport de passagers, transport de fret et convertible. Bien qu'il soit, avec plus de 130 000 employés à son service, le plus important constructeur aéronautique des Etats-Unis, Boeing a été privé de commandes militaires pendant les sept années passées par M. McNamara à la tête du Secrétariat à la Défense. Ce qui lui a valu de prendre, de très loin, la première place dans la construction d'avions de transport civils, avec plus de 2 000 commandes reçues au 1^{er} février 1969. Le succès du Boeing 747 a été au moins aussi brillant que celui des 707, 727 et 737. Comme en 1955, le premier client fut la Pan American, avec une commande ferme de 25 appareils et une option sur 8 autres, qu'elle vient de lever. Au 1^{er} janvier 1969, 158 commandes fermes ont été passées par 27 transporteurs appartenant à 17 pays. Si on y ajoute une commande additionnelle d'une compagnie qui a tenu à conserver le secret, ainsi que les options, le total atteint 241. La construction des réacteurs a été confiée à Pratt et Whitney, lui aussi concurrent malheureux dans l'affaire du C-5 A : le JT9D-3 est, comme le TF-39 du Lockheed C-5 A, un réacteur à double flux et à grande dilution, de 19 700 kg de poussée.

Des trois versions offertes à la clientèle, la première a remporté beaucoup plus de suc-

cès que les autres : sur le total, seuls 14 transports de fret ou convertibles ont été commandés. Il semble que l'on considère le transport du fret comme une activité beaucoup moins rémunératrice que le transport des passagers et que la vaste soute aménagée au-dessous de la cabine du Boeing 747 suffise largement au transport de fret au cours des prochaines années.

Dans les différentes versions d'aménagement en transport de passagers, qui vont de 360 à 490 places, les commandes ont porté surtout sur les aménagements à faible densité, moins de 400 passagers. Les transporteurs ont tenu compte d'une enquête récente sur les désirs de la clientèle qui réclame un peu plus d'espace.

Sur le Boeing 747 qui a volé en février 1969, la chasse aux accroissements inévitables de poids entre l'adoption du programme et la sortie du prototype a été conduite avec plus de succès que sur le Lockheed C-5 A. Le poids au décollage ne dépasse pas 308 400 kg. Avec une charge payante portée à 99 800 kg (vingt fois celle des premiers Concorde), les versions de série livrées à partir de 1971 pèseront 322 000 kg.

Dès maintenant, le constructeur annonce pour la même date une version 747 B, dont le poids au décollage serait porté à 351 500 kg, avec une charge payante relevée à 108 800 kg sur 5 950 km. Elle serait livrée, comme la première version, soit avec un aménagement permanent pour 360-490 passagers, soit en transport de fret, soit en convertible. L'accroissement du poids de l'appareil est lié au relèvement de la poussée des réacteurs JT9-D, qui passerait de

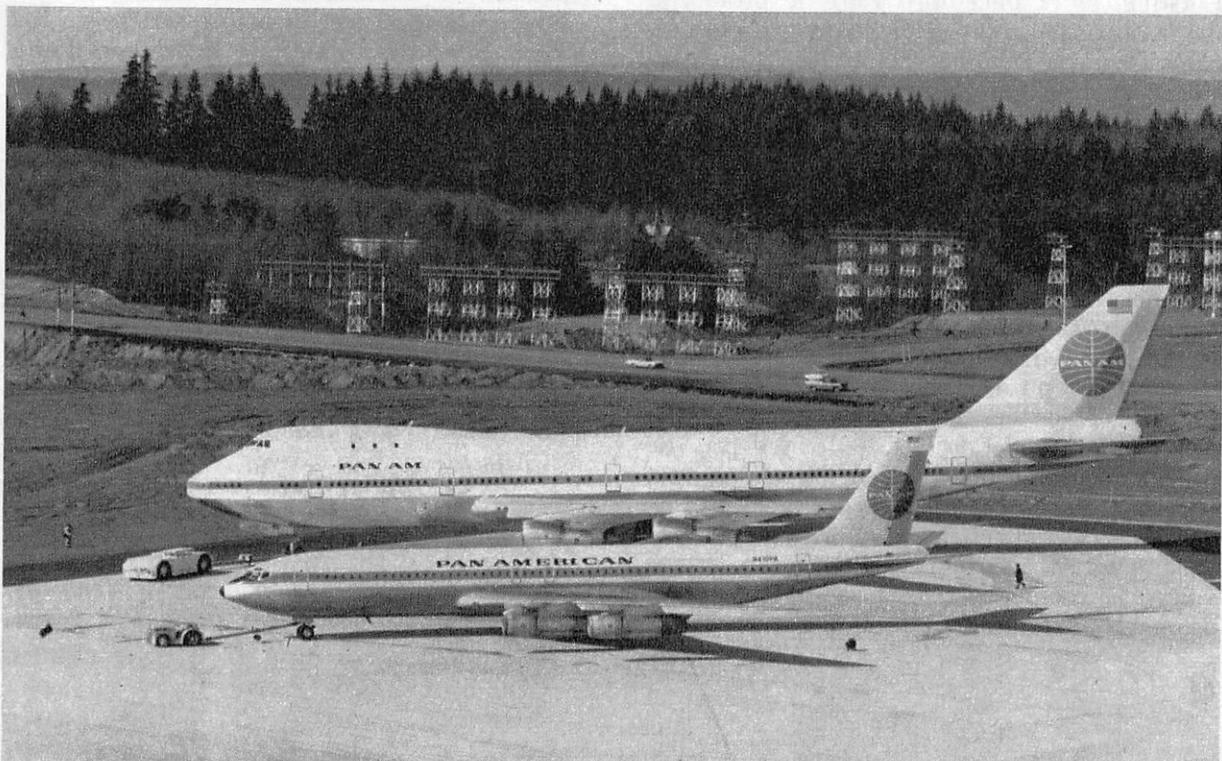
19 700 kg sur le prototype à 21 300 kg en 1971 avec, à long terme, une perspective de près de 25 000 kg.

L'introduction, fin 1969, des premiers Boeing 747 sur les lignes long-courrier marquera un abaissement important du prix de revient du siège-kilomètre ou de la tonne-kilomètre. Par rapport aux prix sensiblement égaux du Boeing 707 et du Douglas DC-8, le gain serait de 30 %, et même de 32 % sur le 747 B. Faut-il en faire bénéficier la clientèle en réduisant les tarifs ? Faut-il au contraire, en les maintenant au niveau actuel, permettre aux transporteurs aériens un amortissement accéléré des appareils en service, que vont déclasser les Airbus et les Boeing 747 ? Les avis diffèrent suivant qu'ils émanent du gouvernement américain, qui pousse à un développement du tourisme en direction des Etats-Unis, ou des transporteurs les moins bien placés, qui font état de la réduction récente de leurs bénéfices par rapport au chiffre d'affaires et sont obligés d'emprunter à un taux très élevé pour l'achat des nouveaux appareils que leur impose la concurrence. La question, débattue depuis plus d'un an aux réunions de l'Association Internationale des Transporteurs Aériens, n'a pas encore été tranchée.

Camille ROUGERON

Prévu aussi pour faire son apparition sur les réseaux réguliers à la fin de 1969, le Boeing 747 pourra transporter sans escale 362 passagers sur l'Atlantique Nord.

Cette comparaison du premier exemplaire destiné à la Pan Am et d'un Boeing 707-321B actuel montre l'immense étape qui a été franchie avec la construction de ces géants.



L'ERE SUPERSONIQUE EST OUVERTE

L'ère du transport supersonique s'ouvrira un jour pour la clientèle des lignes aériennes, mais cela n'aura pas été sans mal. Concorde, le Tu-144, le SST (Super Sonic Transport) américain ont eu une gestation difficile, qui n'est d'ailleurs pas encore terminée pour le dernier. Les parents de Concorde, de surcroît, n'ont guère été encouragés ni réconfortés dans leurs efforts. Leur optimisme a été sévèrement critiqué, d'autant que les frais se sont additionnés pour atteindre des sommes vertigineuses. Mais l'enfant est là et il faudra assurer sa croissance.

Car le premier vol, intervenu avec juste un an de retard sur les prévisions, n'est qu'une étape. Que les deux prototypes de Concorde aient volé a élargi le champ de travail mais ne l'a pas déplacé. Si la mise au point en vol va permettre de mieux définir les avions de série, il reste aux bureaux d'études beaucoup à faire pour amener Concorde au stade d'un outil utilisable.

Concorde vers son premier vol

Lorsque, le 11 décembre 1967, le prototype de Concorde fut officiellement présenté, complètement terminé quant à sa structure, c'était encore une coque à moitié vide et il était déjà évident que le premier vol ne pourrait avoir lieu le 28 février suivant.

L'erreur des constructeurs est, sans aucun doute, de n'avoir pas eu le courage à l'époque d'annoncer que les essais pourraient souffrir de quelque retard... C'était alors principalement des éléments de fabrication britannique qui se trouvaient en retard, réacteurs et circuits hydrauliques notamment. Le précisier aurait pu sembler discutable et l'on s'est tu. Dans ces conditions, discréder le projet était facile et l'escalade des prix de revient a joué le rôle du vent attisant le feu. Deux reproches ont été faits à Concorde : de coûter trop cher ; d'être trop « sage » dans la mesure où ses créateurs ont travaillé sur une voilure à géométrie fixe et se sont contentés de matériaux traditionnels limitant la vitesse

à Mach 2. Et les détracteurs de célébrer la hardiesse et l'esprit d'invention des Américains avec leur SST presque trisonique en alliages de titane.

L'étude de Concorde fut lancée il y a plus de six ans maintenant. « Lorsque nous avons abordé ce projet, rappelle Lucien Servanty, père du projet, ni nous, ni personne d'autre, n'avions d'expérience des métaux réfractaires et de la géométrie variable. Un programme comme Concorde s'étend sur quinze ans, mais on ne peut raisonnablement l'aborder qu'avec les moyens dont on dispose en aérodynamique comme en technologie. Il reste à en tirer le meilleur parti. »

L'étude aérodynamique fut optimisée afin de donner à l'appareil de bonnes qualités de vol aux basses vitesses et une finesse telle que la consommation spécifique à haute altitude soit du même ordre en vol subsonique et en vol supersonique. Ces études ont conduit à cette voilure élégante mais tourmentée dont la forme intrigue le profane.

Des études aérodynamiques complémentaires ont cependant démontré que certaines modifications de formes, notamment en ce qui concerne la dérive et la pointe arrière du fuselage, pourraient diminuer la traînée d'une façon appréciable. Les modifications seront faites sur les appareils de pré-série en cours d'assemblage à Filton et à Toulouse.

La fabrication a, comparativement, posé beaucoup moins de problèmes que la mise au point des différents systèmes. Les prin-

Les premiers essais en vol de Concorde se sont déroulés dans des conditions tellement satisfaisantes que la silhouette élancée du supersonique franco-britannique est devenue familière dans le ciel toulousain. Effectués à une altitude relativement basse et à des vitesses défavorables, les vols se sont traduits par une consommation spectaculaire qui n'a pas manqué d'alimenter les détracteurs de Concorde. Les techniciens, quant à eux, demeurent sereins.



photo Jean PERARD



Telle est la silhouette que, d'ici trois ans, les passagers et visiteurs du nouvel aéroport de Roissy verront du haut des terrasses des aérogares : Concorde en provenance de New York. Sur cette photo, prise à l'issue du premier vol, on voit nettement la forme très particulière du bord d'attaque de l'aile, qui sera d'ailleurs modifié sur les appareils de série afin de diminuer la traînée.

cipes de fabrication adoptés devaient pourtant être entièrement nouveaux du fait des contraintes thermiques supportées par la structure qui passe, successivement, de 100° et plus à la température ambiante. C'est ainsi que la dilatation à Mach 2 allonge le fuselage de Concorde de 1,5 cm environ. Il faut bien entendu que, dans ces conditions, la coque demeure rigoureusement étanche, de même que la voilure, formant réservoir intégral de carburant. Cette difficulté inédite paraît avoir été parfaitement maîtrisée si l'on en croit les résultats des essais de vieillissement en cours à Toulouse.

La mise au point des différents systèmes et équipements a été plus délicate et c'est de volonté délibérée que fut accepté ce risque, puisque le programme fut lancé comme une occasion de « recyclage » pour l'ensemble de l'industrie aéronautique franco-britannique.

Les risques de l'inédit

Assaillis de toutes parts au fur et à mesure que le premier vol était retardé, les promoteurs de Concorde n'ont peut-être pas su faire



comprendre à quel point leur entreprise était inédite. D'autant que des observateurs en renom n'ont pas hésité à présenter le projet comme l'aboutissement d'une technique sans lendemain, une sorte de cul-de-sac technologique, sans intérêt en comparaison du SST américain de Mach 2,7 et à géométrie variable.

Or, quelle que soit la vitesse supersonique retenue, en tous cas égale ou supérieure à Mach 2 pour des questions de rendement, l'expérience que l'on va acquérir avec Concorde était indispensable pour la conception et la mise au point des avions futurs.

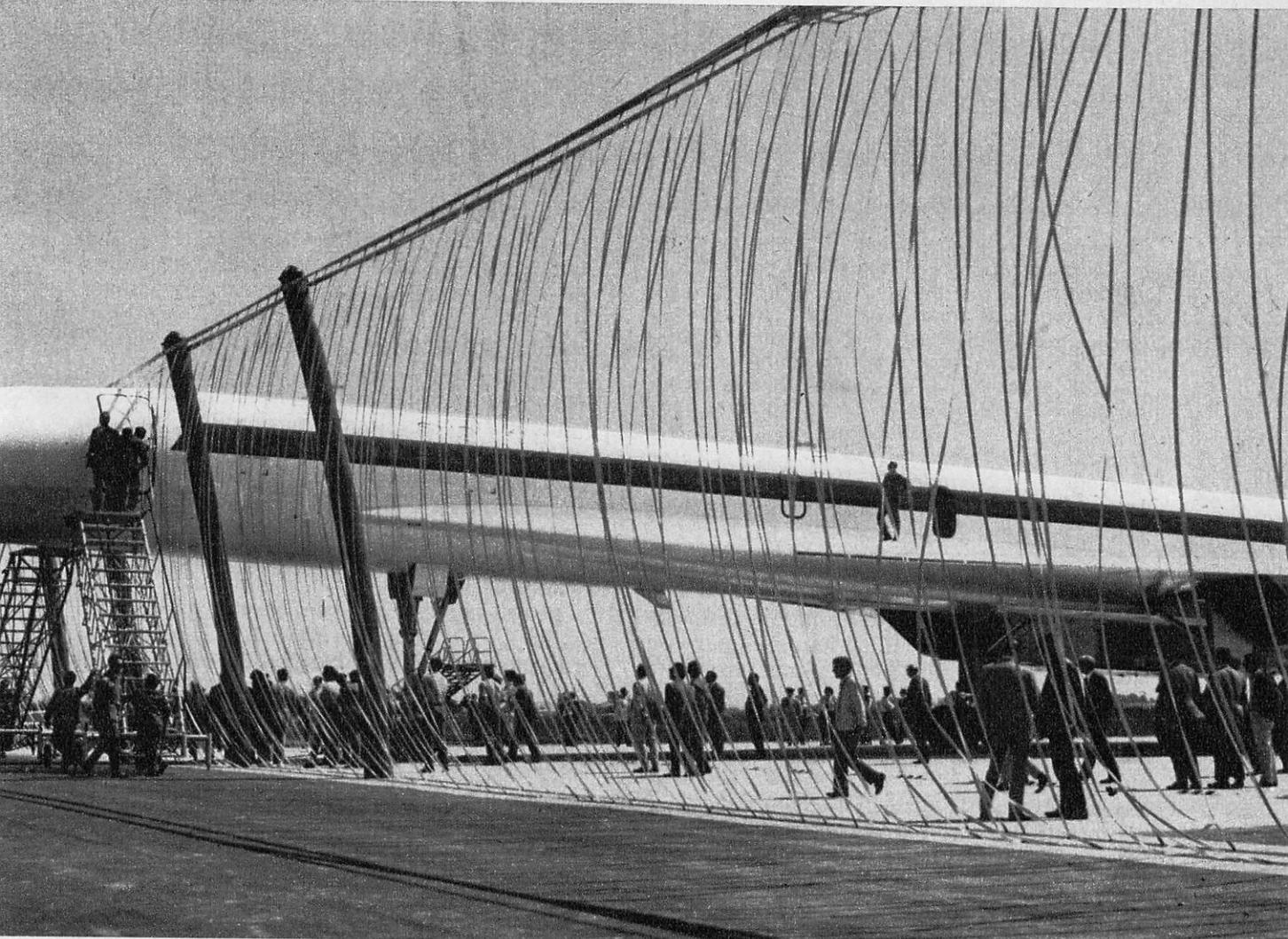
Afin de protéger Concorde des ennuis qui pourraient découler d'une avarie de son système de freinage, les extrémités de la piste spéciale de Blagnac ont été équipées de barrières d'arrêt géantes en nylon.

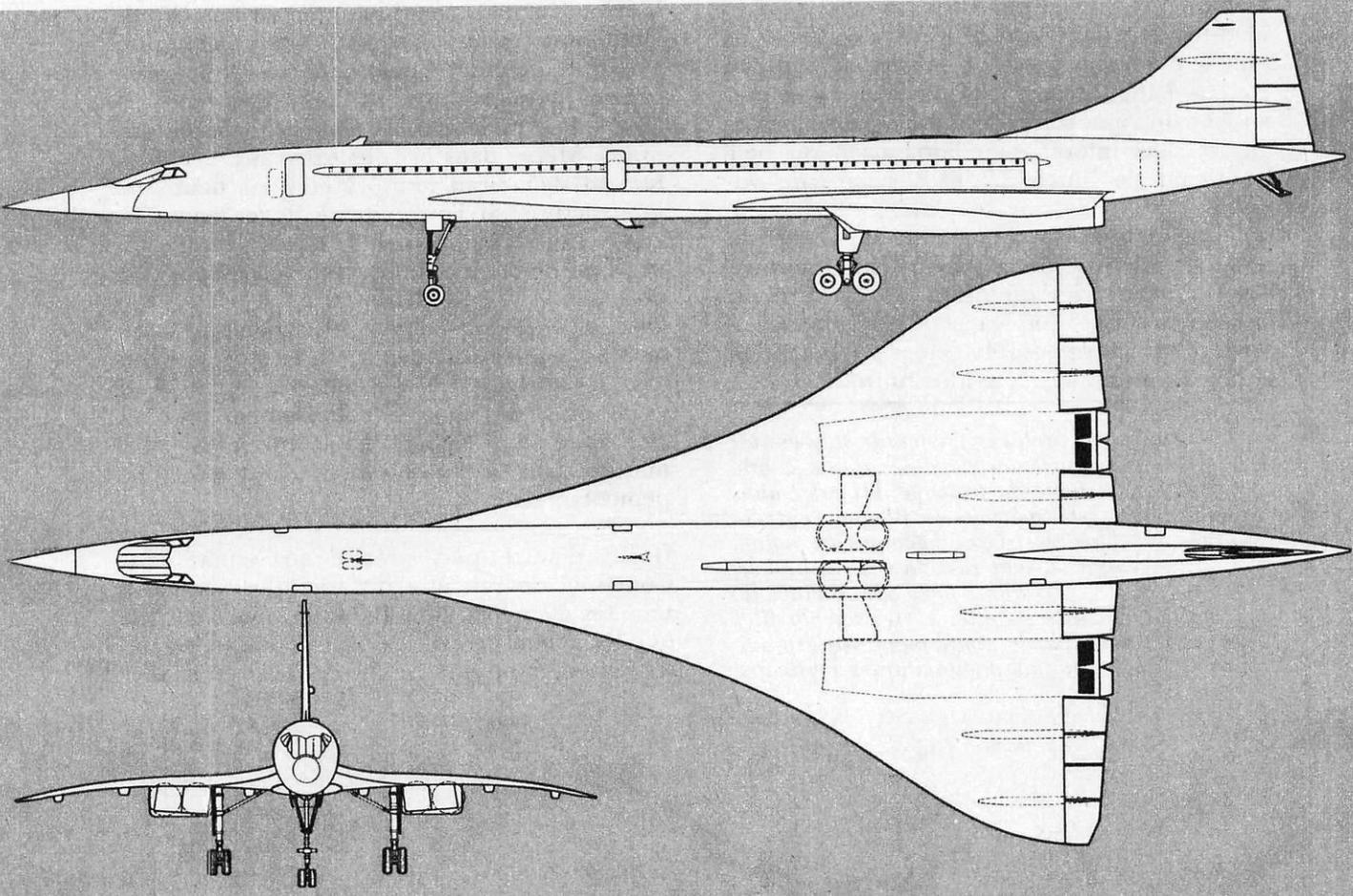
Des essais se sont déroulés l'été dernier, d'abord avec une Caravelle, avec Concorde ensuite. L'érection du filet est commandée par le gonflement ultra-rapide de boudins pneumatiques vitaux.

L'échauffement cinétique est connu depuis longtemps, mais jusqu'ici seuls quelques avions de combat étaient capables de voler en régime supersonique et cela pendant un temps qui ne dépassait guère quelques minutes. Même dans ces cas extrêmes, l'échauffement demeurait limité à certains points de la structure. Si l'on évite de loger dans ces zones trop d'équipements, de câbles électriques ou de canalisations, tout se passe à peu près bien.

Or Concorde doit pouvoir voler pendant deux ou trois heures d'affilée à Mach 2 et au-delà, avec de surcroît 130 personnes à bord. Il ne s'agit plus, dès lors, d'échauffement localisé et il faut tenir compte des contraintes thermiques dans la conception de tous les équipements.

Il fut d'autre part précisé au départ que Concorde devrait être dix fois plus sûr dans tous ses éléments, plus **fiable** comme l'on dit, que les avions en service (soit un risque de un sur un million par heure de vol, pour des





Ce plan est celui des avions de pré-série en cours de fabrication et qui sont différents à la fois des deux prototypes et des avions de série.

Dans la définition « pré-série », Concorde est long de 58,84 m, pour une envergure de 25,6 m et 11,58 m de hauteur au sommet de la dérive.

La masse au décollage est de 170 tonnes et de 109 tonnes à l'atterrissement.

Dans la version de série initiale, le poids total atteindra 175 tonnes, limite compatible avec les atterrisseurs.

vols de 3 heures). Cette exigence n'avait d'autre but que de faire franchir une nouvelle étape à la sécurité aérienne. Superposer des exigences réglementaires aux problèmes techniques de base n'a pas simplifié le travail.

Dans bien des domaines, il est vrai, grâce notamment à des programmes avancés comme ceux du North American XB-70, de l'intercepteur trisonique Lockheed F-12 et aussi de la recherche spatiale, l'industrie américaine aurait pu fournir des solutions plus rapidement et plus économiquement peut-être, aux besoins inédits de Concorde. Ce re-

cours a été refusé par principe, exception faite pour quelques points très particuliers où l'on s'est résolu à une fourniture « made in USA », avec l'espoir d'arriver ultérieurement à une solution européenne.

Certains points étaient particulièrement délicats. Le système de conditionnement d'air, notamment, qui, pour la première fois sur un avion de ce volume, devait fonctionner dans les deux sens (chaud et froid) au départ de la source chaude des réacteurs. Sur un avion classique, la seule fonction d'un tel système est de réchauffer l'air de la cabine. Il s'agissait ici aussi de le refroidir car, la « peau » de l'avion étant au-dessus de 100°, il importait qu'à l'intérieur de la cabine le thermomètre ne dépassât pas 25°, et cela sans aucune possibilité de défaillance. La source de conditionnement et les circuits d'échanges sont donc quadruplés.

Des difficultés furent aussi rencontrées avec les circuits hydrauliques. Afin de gagner du poids sur les canalisations et la quantité de fluide dans les circuits, il fut décidé d'utiliser une pression inhabituellement élevée (400 kg/cm², au lieu de 210 kg/cm² généralement). Pour ce faire, il fallait trouver des joints

d'une matière nouvelle, du fait de la pression d'une part, de l'utilisation d'un fluide nouveau, incombustible et stable à la chaleur, mais extrêmement corrosif d'autre part. La mise au point du nez basculant et des servo-commandes fut particulièrement laborieuse, de même que celle des freins.

Les circuits électriques causèrent aussi quelques soucis aux responsables de Concorde. Avec ses 12 tonnes d'instruments d'essais, le prototype est en effet bourré de câblages et des incidents se sont produits à plusieurs occasions, conduisant par exemple au déclenchement inopiné de certains équipements lorsqu'on voulait en commander d'autres. Beaucoup de temps dut être consacré à ces corrections.

S'il s'était agi de faire voler l'appareil uniquement pour sauver la face en tenant les délais initialement prévus, le premier décollage aurait pu avoir lieu dès l'été 1968, mais en laissant inutilisés lors des premiers essais certains systèmes insuffisamment au point. Les responsables se sont refusés à un tel processus, qui aurait peut-être satisfait les opinions publiques des deux pays concernés, mais aurait eu pour conséquence de retarder la poursuite de la mise au point.

Dans le domaine de la sécurité des vols, le programme Concorde a été l'occasion de matérialiser des idées nouvelles. C'est ainsi que l'on a voulu faire un avion « intelligent » capable de compenser lui-même ses propres dé-

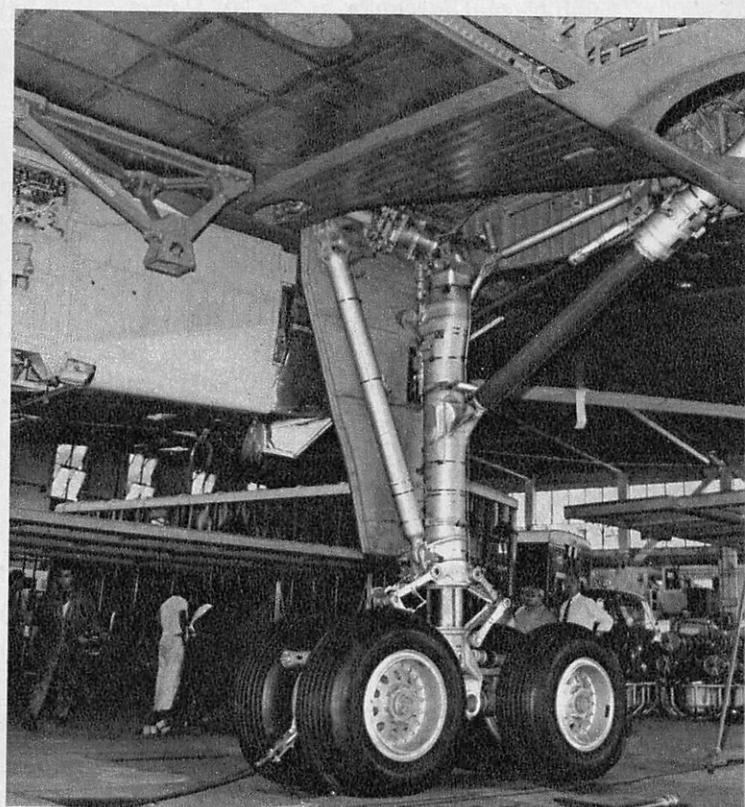
faillances, afin de se soustraire au temps de réaction séparant la lecture d'un paramètre anormal de la manœuvre qui doit le corriger. Ceci a conduit à un avion dans lequel tous les circuits sont non seulement doublés, ce qui est déjà courant sur beaucoup d'avions, mais où le transfert de fonction se fait automatiquement d'un circuit à l'autre. Habituellement, une lumière s'allume pour avertir l'équipage d'une anomalie à laquelle il faut remédier. Dans le cas de Concorde, la lumière avertit que quelque chose s'est produit, à quoi il a déjà été paré sans délai.

Le programme de développement

Le premier vol de Concorde n'a été que l'aboutissement d'une première étape et le début de la suivante, beaucoup plus importante, puisqu'elle doit permettre de juger des qualités réelles de l'appareil, de décider de son avenir industriel et, par là, du sort de 30 000 ouvriers et techniciens européens.

Le train d'atterrissement n'a pas été le problème technique le moins difficile posé par Concorde, notamment du fait des dimensions imposées par l'attitude de l'avion au sol. Messier pour le train avant, Hispano-Suiza pour les jambes principales, ont trouvé des solutions élégantes.

Le logement des roues principales dans le bas du fuselage a permis de conserver des pneus de gros diamètre.



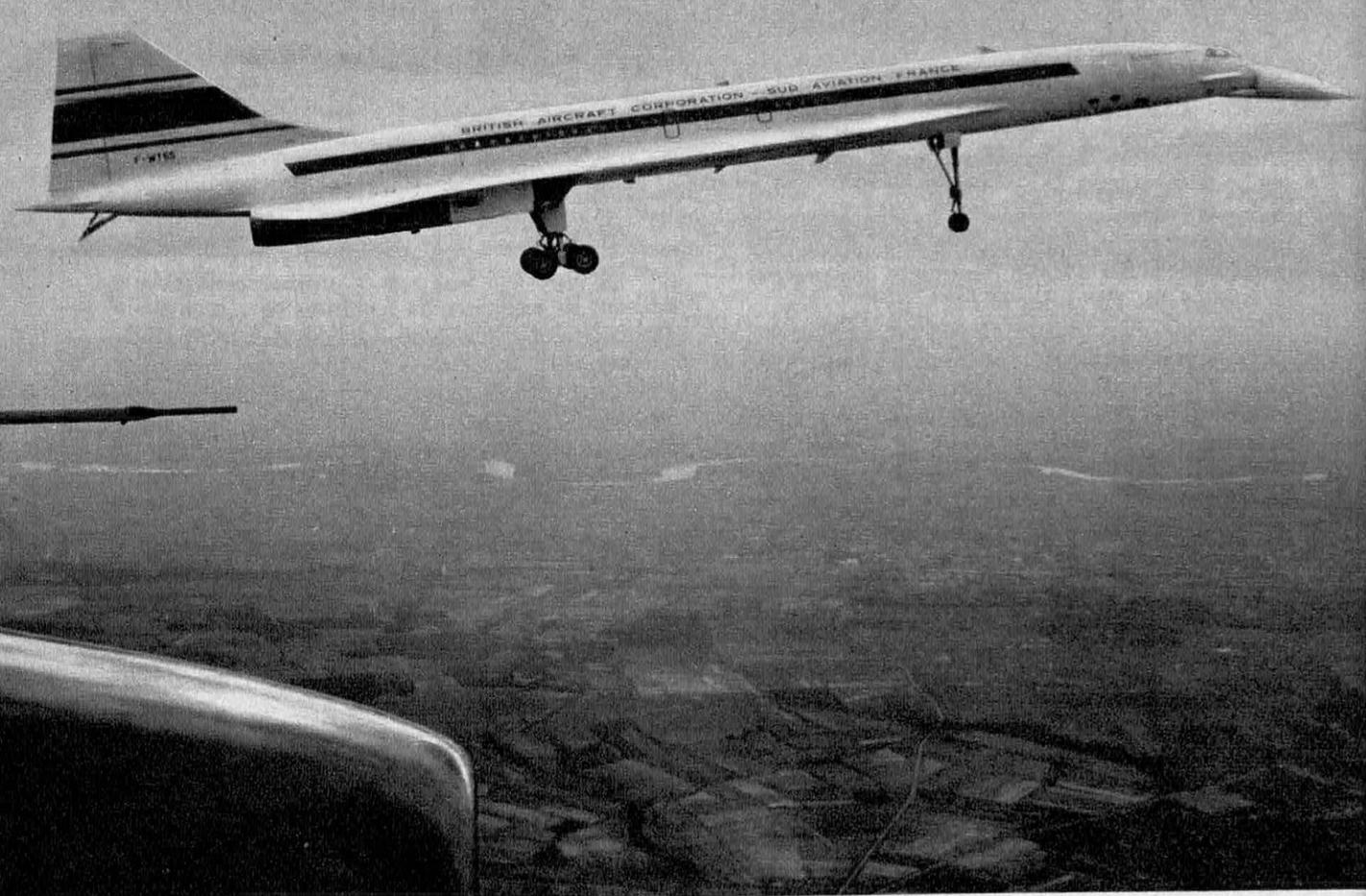


photo Jean PERARD

Concorde en configuration d'atterrissement lors d'un de ses premiers vols d'essais. Le nez est abaissé pour améliorer la visibilité de l'équipage en approche et l'on notera sous l'empennage la bâquille protégeant la pointe arrière du fuselage en cas d'atterrissement trop cabré. Le nombre des antennes dépassant du fuselage est assez surprenant pour un supersonique et il faut s'attendre à un « nettoyage » pour gagner en traînée.

Un peu plus de trois ans seront nécessaires pour faire de Concorde un avion couramment utilisable sur les lignes aériennes, ce qui pourrait intervenir au milieu de l'année 1972, soit avec un décalage d'un an sur le programme initial.

Sept appareils, les deux prototypes, les deux avions de pré-série et les trois premiers exemplaires de série effectueront environ 4 200 heures de vol pour atteindre ce but.

Construits selon les plans initiaux, les deux prototypes n'ont pas les capacités de transport des avions définitifs, plus longs et plus lourds. Ils seront par conséquent des bancs d'essais, d'autant plus que les réacteurs Olympus n'ont encore jamais volé en régime supersonique. Le seul banc d'essais volant disponible actuellement est un bombardier britannique subsonique Vulcan. Des essais en vol supersonique ont cependant été simulés, en environnement conforme, au Centre d'Es-

sais des Propulseurs de Saclay et au National Gas Turbine Establishment de Pyestock, mais rien ne remplace la mise à l'épreuve sur un avion réel.

L'avenir de Concorde est très directement lié à celui de son moteur dont on a pu dire, en schématisant à l'extrême, qu'il doit donner plus de puissance au décollage et avoir une consommation réduite en croisière. Cette dernière notion est essentielle, car c'est elle qui conditionne la distance franchissable de l'avion avec le maintien au niveau prévu de la traînée globale de la cellule. Quant à la poussée initiale, elle doit permettre le décollage en toute sécurité au poids rendu nécessaire par les exigences commerciales.

L'Olympus 593 a commencé ses essais au banc voici quatre ans. Quelques difficultés de mise au point ont été rencontrées mais la fiabilité s'est par contre révélée très supérieure à ce que l'on attendait, ce qui est de bon augure pour l'exploitation commerciale. Dans sa définition actuelle — Stade 0 — l'Olympus 593 donne une poussée de 14,6 tonnes portées à 16,95 tonnes par une réchauffe au taux de 14 %. Au moment de la mise en service — Stade 1 —, les réacteurs, dont la température devant turbine sera plus élevée, donneront 15,9 tonnes de poussée à sec et 17,85 tonnes avec un taux de post-combustion de 9 % seulement. L'Olympus est le premier réacteur civil doté d'une postcom-

bustion. Celle-ci est rendue nécessaire par la poussée qui doit être fournie au décollage de l'appareil et dans la phase d'accélération. Toute la partie arrière du groupe (tuyère double à section variable, dispositif de post-combustion, inverseur de jet, silencieux escamotable) est sous la responsabilité de la SNECMA.

A la fin de 1968, une quarantaine d'Olympus 593 avaient été construits, dont 17 exemplaires au standard de vol, les autres étant réservés aux essais au banc. Au moment du premier vol de Concorde plus de 5 000 heures d'essais avaient été accumulées en France et en Grande-Bretagne. Au moment de la certification, le total dépassera 30 000 heures.

Les modifications prévues sur la cellule et la voilure pour la version de série seront apportées dès les deux avions de pré-série actuellement en cours d'assemblage, le premier à Filton, le second à Toulouse, et qui voleront à trois mois d'intervalle à partir du printemps prochain. Il s'agit de gagner en traînée en modifiant le virement de la voilure, à son extrémité et au bord d'attaque, ainsi que de revoir la pointe arrière du fuselage et la dérive. La quantité de carburant emportée sera légèrement augmentée et l'atterrisseur renforcé pour permettre un poids total au décollage qui sera porté à 175 tonnes.

A la lumière des résultats des essais statiques avec simulation thermique, quelques retouches mineures seront apportées à la structure dont certains éléments ont témoigné d'un peu de faiblesse après plusieurs milliers d'heures de vol simulées. « Heureusement, nous a précisé un ingénieur de Sud-Aviation, que nous avons eu cet incident pour justifier nos essais, car tout jusqu'ici s'est passé sans problème ». Ces essais sont d'ailleurs là, justement, pour éviter des catastrophes comme celles, jadis, des premiers Comet.

Les conditions d'exploitation

La mise au point des équipements de navigation et d'atterrissement automatique aura un rôle déterminant pour l'avenir de Concorde, car les progrès confirmés en ce domaine pourraient ouvrir la voie à une refonte des règlements d'exploitation. Tous les avions civils sont à l'heure actuelle tenus d'effectuer leurs trajets commerciaux avec des réserves suffisantes pour attendre un temps donné au-dessus de l'aéroport de destination, effectuer une approche, remettre les gaz, se dérouter sur un autre aéroport et s'y poser. Le plus souvent ce carburant ne sert pas. Dans le cas des avions classiques, ces réserves ne représentent qu'une fraction de la charge utile. Mais plus la vitesse croît et plus dé-



La cabine du prototype de Concorde est entièrement occupée par 12 tonnes d'équipements dont la mission est d'enregistrer les informations transmises par 3 000 capteurs répartis sur toute la surface de l'avion, les réacteurs, certains équipements. Plusieurs centaines d'informations sont transmises en direct au sol et certaines alimentent un poste de pilotage fictif, devant lequel se trouve en permanence un pilote pouvant venir en aide à son camarade.

croît le rapport charge payante — poids total. De 20 % environ pour un Boeing 707, il tombe à 6 % pour Concorde, ce qui rend ce dernier économiquement très vulnérable. Il suffit que la traînée soit trop importante et la consommation en croisière trop élevée pour que l'appareil devienne sans intérêt commercial, une trop grande partie de la charge totale devant être réservée au carburant.

Dans le cas de Concorde, on parvient à une situation aberrante, puisque les réserves (plus de 15 tonnes de kérosène) représentent une fois et demie la charge payante. L'adoption de nouveaux règlements autorisant une diminution des réserves modifierait complètement l'équation économique du transport supersonique. La navigation par inertie, beaucoup plus fine, sera une première mesure favorable. Plus importante encore, une rigueur totale dans le contrôle du trafic aérien per-

Le nombre de passagers qu'il pourra transporter en opérations courantes est naturellement le point le plus important du « problème » Concorde.

Cet aménagement est prévu pour 128 passagers, chiffre de base retenu pour Paris - New York.

On pense ultérieurement réaliser des versions allongées dont la capacité pourrait atteindre 170 sièges.

L'exiguité de la cabine a été imposée par les exigences de l'aérodynamique supersonique.

mettra d'atterrir à l'heure dite et, grâce à l'atterrissement automatique, au lieu prévu. Dans ces conditions, les réserves de carburant pourront être diminuées, soit au profit de la charge payante, soit à celui de la distance franchissable. Mais ce n'est pas pour demain.

Car la bataille de Concorde n'est pas encore gagnée. Les essais sont en cours, certes, mais il reste à faire de l'appareil un outil rentable, utilisable commercialement, c'est-à-dire avec sécurité, régularité et bénéfices pour les transporteurs. « Nous n'y sommes pas encore, admettent les responsables de l'appareil, mais nous y parviendrons sans aucun doute. »

Une ère nouvelle se sera alors véritablement ouverte dans l'histoire des communications humaines. Car contrairement à ce que disent ses détracteurs, Concorde sera bien le premier d'une génération nouvelle de transports de Mach 2.

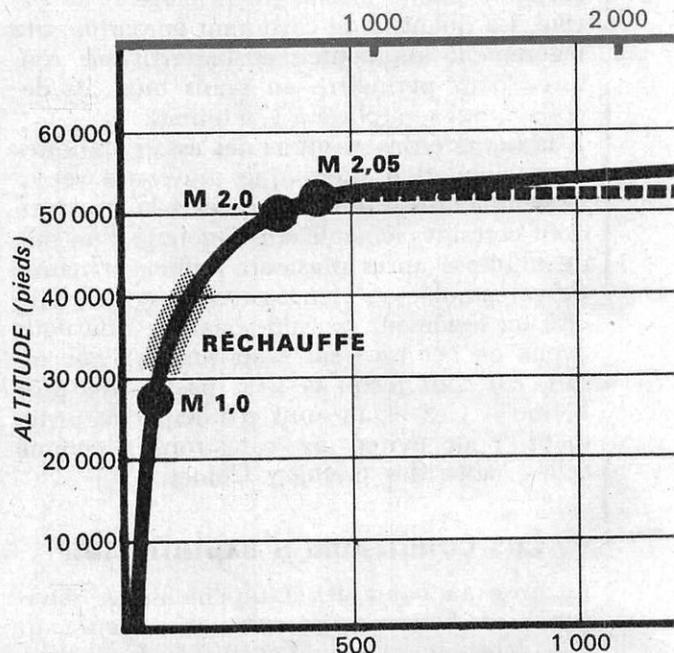
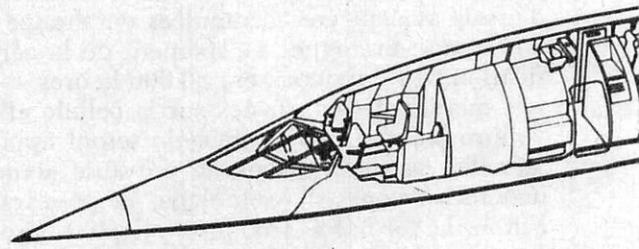
L'écart de vitesse entre Concorde et ce qui pourrait être la génération suivante — celle du SST américain — est de l'ordre de Mach 0,7 en croisière. Cet avantage ne joue que sur la partie supersonique d'un trajet, c'est-à-dire les trois-quarts du voyage New York — Paris. Pour le passager, la différence en temps de vol sera de l'ordre d'un quart d'heure. Sur des étapes plus longues, bien entendu, l'écart se creuserait, mais, jusqu'à présent, le SST américain doit limiter ses ambitions à l'Atlantique Nord. La différence de temps de parcours est donc tellement faible sur les distances de l'ordre de 6 000 km et au-dessous qu'elle ne justifiera peut-être pas l'achat d'appareils beaucoup plus onéreux que les Mach 2, du fait notamment de leur construction en matériaux réfractaires.

Il y aura par conséquent une gamme d'avions de Mach 2, et comme il est improbable qu'un second modèle occidental entre dans la course dans un avenir rapproché, Concorde restera seul.

L'avenir industriel de Concorde

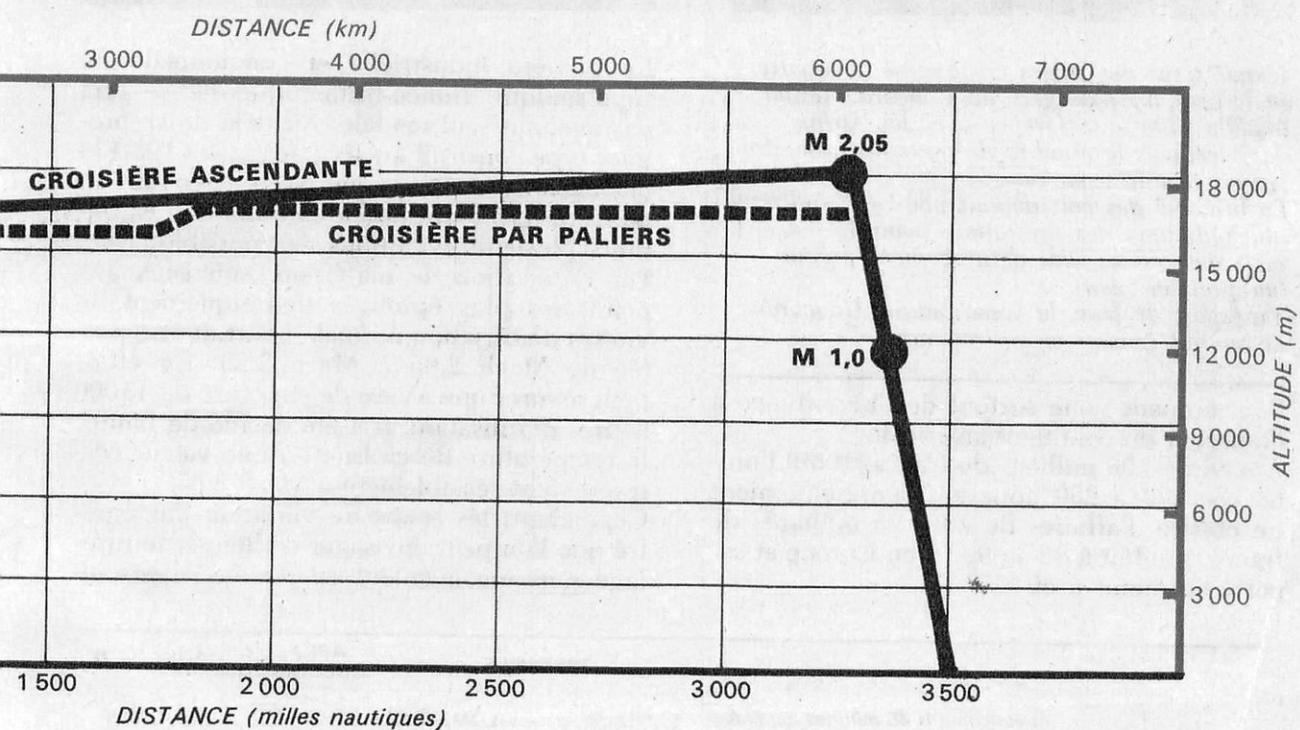
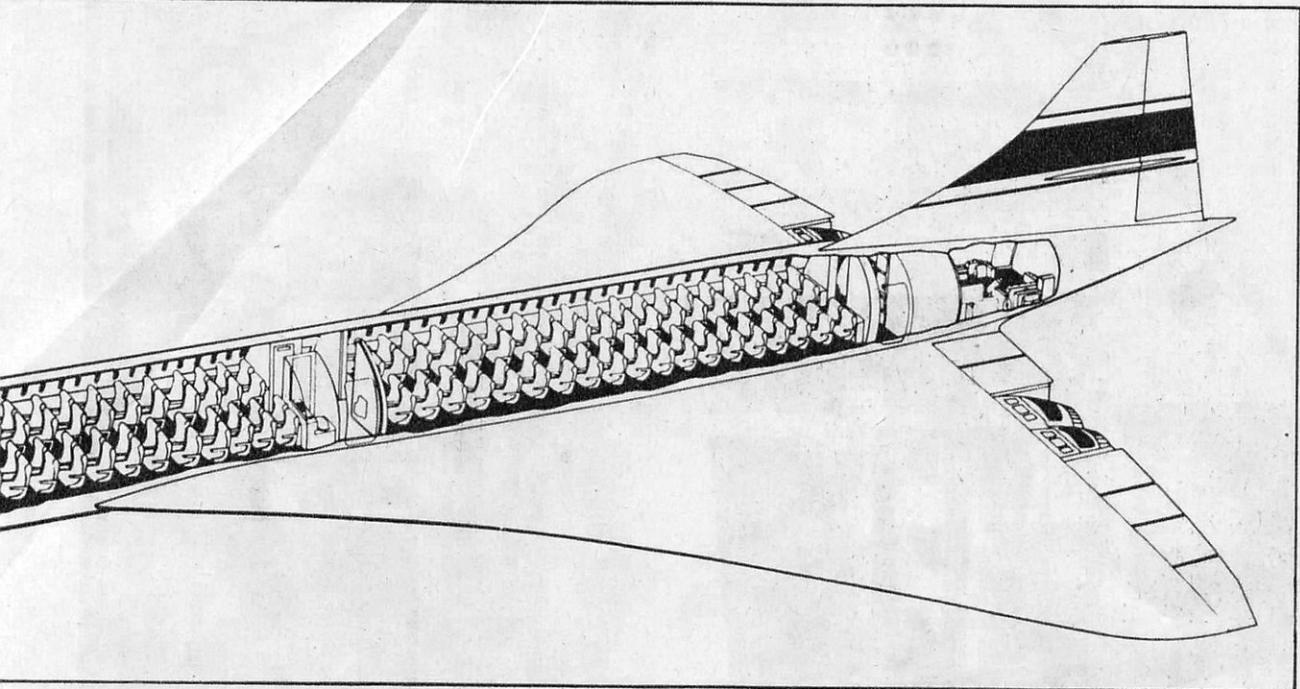
En prenant l'hypothèse que les études en cours permettront de remplir la mission-type (dans les conditions réglementaires actuelles, 128 à 134 passagers transportés sans escale

AMÉNAGEMENT INTÉRIEUR PRÉVU POUR CONCORDE



de Paris à New York), comment peut-on voir l'avenir de Concorde ?

Tout dépend d'une éventuelle limitation imposée aux vols supersoniques au-dessus des terres habitées. Les données expérimentales manquent encore pour se prononcer sur ce point, et il faudra attendre les vols supersoniques de Concorde pour que l'on puisse en mesurer les effets au sol. Ils dépendent de nombreux facteurs : altitude de vol, attitude

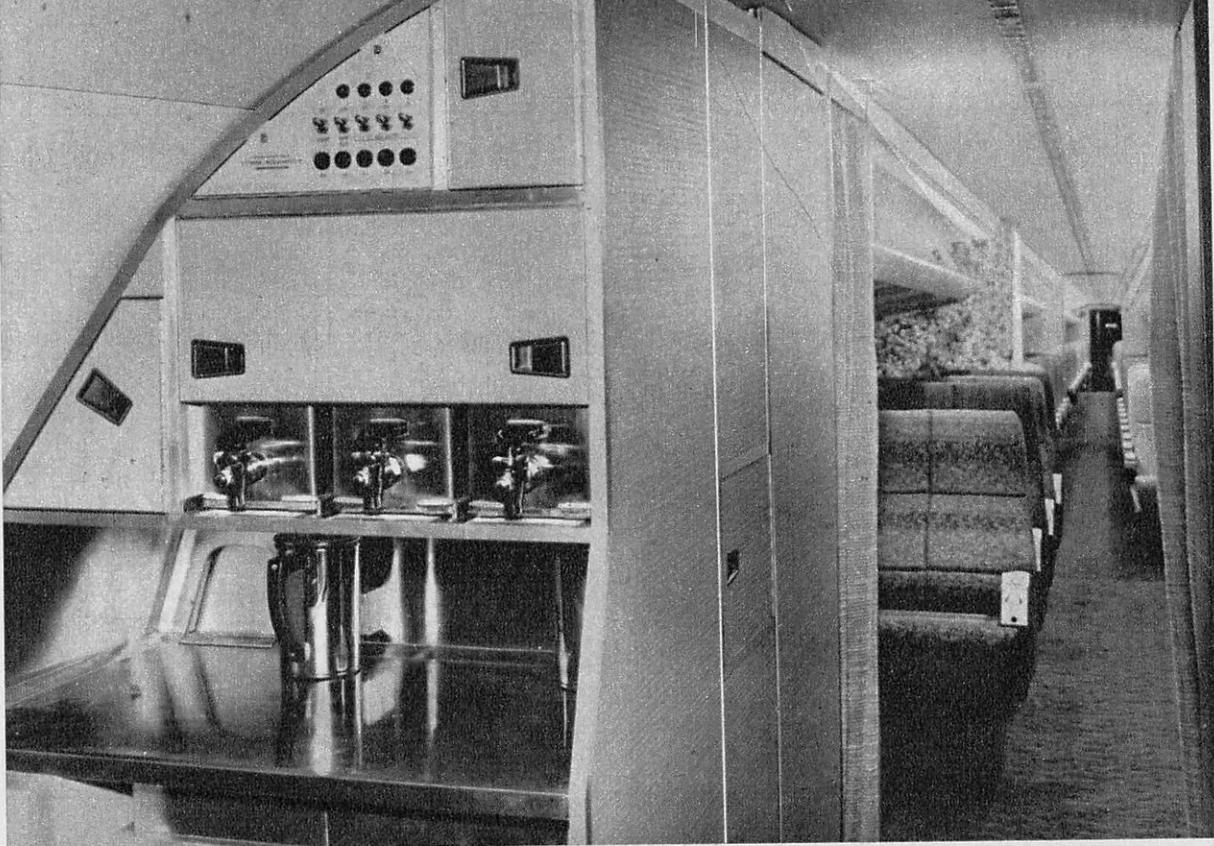


et masse de l'appareil, dimensions, configuration aérodynamique...

Dans l'hypothèse la plus défavorable, si on est conduit à une limitation d'exploitation, les constructeurs de Concorde pensent pouvoir vendre 200 à 250 avions. Les deux-tiers du trafic long-courrier sont en effet assurés au-dessus de la mer et des modifications mineures d'itinéraires pourraient porter cette proportion à 80 %. Les limitations d'exploita-

▲ Le profil d'un vol de Concorde montre que les tranches extrêmes du voyage se font en subsonique, ce qui contribuera à diminuer les problèmes soniques.

Les vols de croisière auront lieu, dans la majeure partie des cas, au-dessus de la mer. On remarque aussi que Concorde prend de l'altitude au fur et à mesure que la charge en carburant s'allège, ce qui permet d'atteindre des zones où la traînée est moindre.



Installés sur des sièges en rangées de quatre seulement, les passagers de Concorde feront tout de suite la différence avec les Airbus dans lesquels le nombre de fauteuils atteindra parfois 8 unités par rang.

La brièveté des vols devrait pouvoir permettre une réduction des prestations à bord, mais des offices sont naturellement prévus (au premier plan).

Transport de luxe, le supersonique Concorde ne saurait ignorer la gastronomie.

tion auraient donc surtout de l'importance à l'intérieur du continent américain.

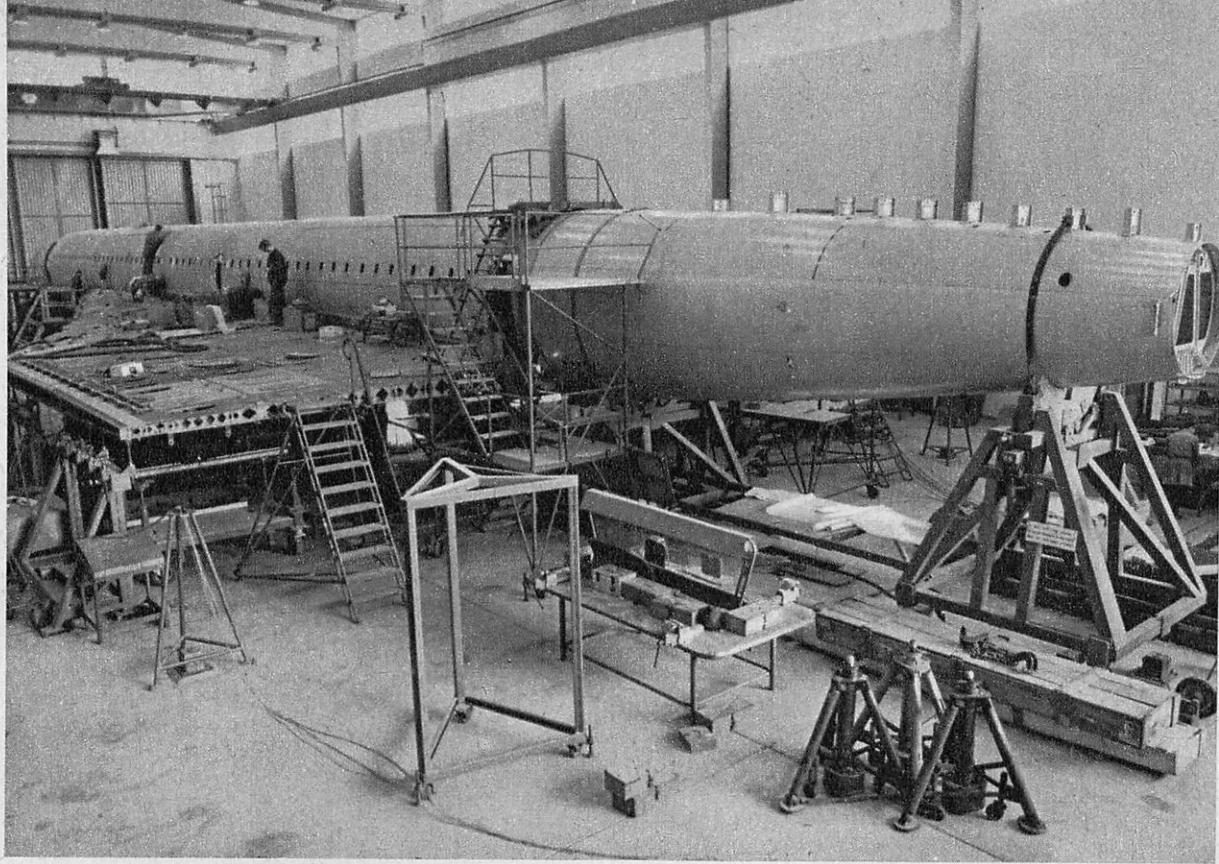
A environ 100 millions de francs (1969) l'unité, ces 200 à 250 appareils représenteraient un chiffre d'affaires de 20 à 25 milliards de francs, produit à 85 ou 90 % en Europe et exporté au moins à 60 %.

La carrière industrielle et commerciale du supersonique franco-britannique ne se fera pas avec un seul modèle. Au delà de ce premier type construit en série (capacité 128-134 passagers sur l'Atlantique Nord, décollant au poids de 175 tonnes dont 90 tonnes de carburant), plusieurs évolutions sont possibles.

Par l'utilisation de matériaux nouveaux aux points les plus éprouvés thermiquement, la vitesse d'utilisation normale pourrait être portée de Mach 2,05 à Mach 2,20. En effet, pour assurer une « vie » de structure de 45 000 heures d'utilisation, il a été décidé de limiter la température de croisière à une valeur correspondant sensiblement à Mach 2,05.

Cependant, les essais de vibration ont montré que l'on peut envisager d'allonger le fuselage sans inconvenients en régime supersonique.

Arrêts compris 45 minutes par étape	DISTANCE		APPAREIL SUBSONIQUE	CONCORDE
	MILLES NAUTIQUES	KILOMÈTRES		
LONDRES-NEW YORK	2 990	5 540	7.40	3.25
PARIS-NEW YORK	3 150	5 830	8.00	3.30
PARIS-DAKAR-RIO DE JANEIRO-BUENOS AIRES	6 050	11 220	16.25	8.45
LONDRES-BEYROUTH-BOMBAY-SINGAPOUR-SIDNEY	9 570	17 730	24.35	13.00
NEW YORK-CARACAS-RIO DE JANEIRO	4 280	7 930	10.50	5.45
SAN FRANCISCO-HONOLULU-TOKYO	5 420	10 050	13.35	6.45



que. Avec les réacteurs actuels, il serait alors possible de faire un Concorde de 170 places pour des étapes de 3 700 à 4 600 km au lieu de 5 500 à 6 500 km. Sur ces étapes plus courtes, l'appareil pourrait être rentable, encore que, emportant alors trop de carburant, sa capacité serait par ailleurs limitée. Il s'agirait donc ici, à poids total égal, de remplacer du carburant par des passagers. Avec des réacteurs gagnant en poussée et permettant un accroissement du poids au décollage, on parviendrait à conserver les 170 places sur l'Atlantique Nord.

Le marché de Concorde, qui dans une hypothèse favorable pourra atteindre 400 avions, sera évidemment favorisé par le retard du supersonique américain. De fait, l'Administration américaine ne paraît nullement pressée de se lancer dans cette affaire et, aux dernières nouvelles, il ne faudrait pas prévoir l'entrée en service du SST avant la fin de la prochaine décennie, ce qui laisserait 6 à 8 ans de règne sans concurrence à Concorde. Les deux projets apparaissent d'ailleurs de plus en plus nettement comme complémentaires plutôt que concurrents.

Le Tupolev 144 a volé le premier

En faisant voler le prototype de leur Tupolev 144 le 31 décembre 1968, les Soviétiques ont coiffé l'équipe Concorde sur le poteau. Mais, s'il est vrai que les vols ont été interrompus un certain temps après le second, le 8 janvier,

Un vaste programme d'essais au sol se poursuit en Grande-Bretagne et en France.

Une cellule complète va notamment être soumise à des essais de fatigue et de rupture avec simulation des effets thermiques.

Ce cobaye est en voie d'assemblage au Centre d'essais aéronautiques de Toulouse.

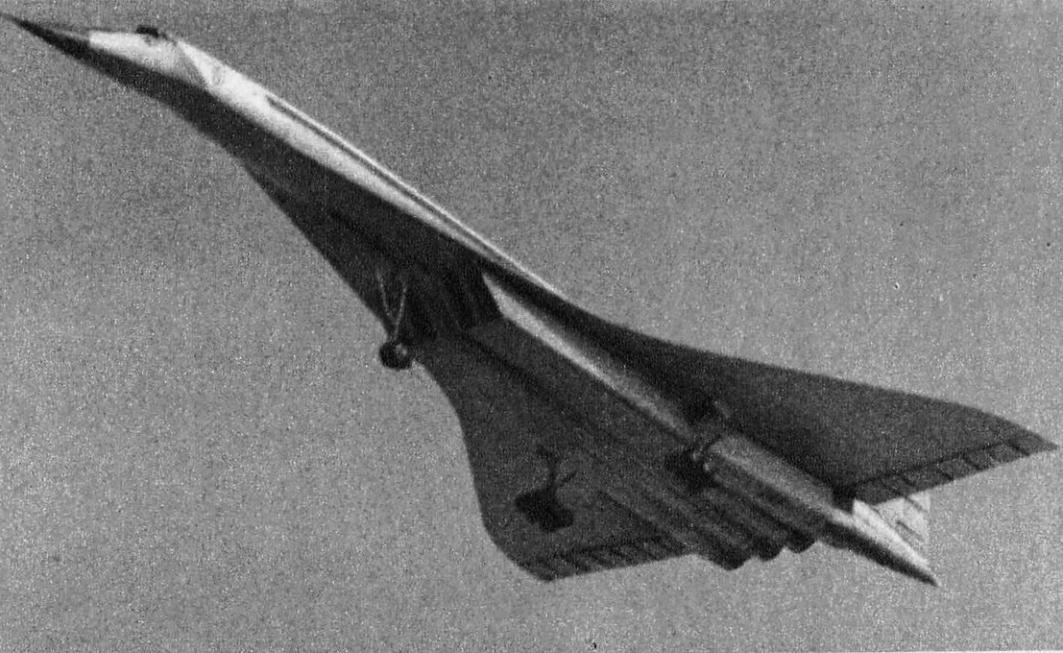
Ce dernier, depuis quatre ans déjà, travaille pour Concorde : essais de matériaux, atterrisseurs, pneus, conditionnement d'air...

on peut penser que ces premiers essais furent peut-être un peu précipités.

La ressemblance frappante entre le Tu-144 et Concorde paraît donner quelque consistance aux affaires d'espionnage industriel plusieurs fois dénoncées au cours de la gestation du prototype franco-britannique. Il est certes démontré que, souvent, en partant d'un certain acquis de connaissances techniques, des équipes d'ingénieurs travaillant isolément aboutissent à des solutions très proches. Il n'en reste pas moins que les Soviétiques se sont certainement inspirés des travaux occidentaux.

Malgré leur similitude de lignes qui a fait baptiser le Tu-144 « Concordov » par des esprits facétieux, les deux appareils offrent quelques différences marquées dans leur conception générale.

Sur le plan aérodynamique, on note que la voilure est beaucoup moins optimisée que celle de Concorde. La simplicité de forme du bord d'attaque prouve que les problèmes du vol subsonique ont été négligés, alors que



les ingénieurs français et anglais se sont efforcés d'obtenir un rendement équivalent dans les deux régimes de vol.

Il est assez curieux de constater que les Soviétiques n'ont jamais été tentés par l'aile delta sans empennage pour leurs appareils militaires, alors qu'ils ont retenu cette formule pour le Tu-144. Ce manque d'expérience les a conduits à faire voler un Mig 21 modifié qui a permis de dégager les problèmes aérodynamiques et de gouvernes, ainsi que d'entraîner les pilotes.

Selon la presse soviétique, plusieurs Tu-144 auraient été construits, mais l'entrée en service n'est pas prévue avant 1971, soit tout de même plus d'un an avant Concorde. Il faut noter que les données de « l'équation supersonique » ne sont pas les mêmes dans les deux camps. Si les notions d'économie d'exploitation sont secondaires en URSS, il n'y a pas non plus de souci du respect des règlements internationaux dans la fabrication des avions, ce qui simplifie bien les choses. Ceci n'a d'ailleurs pas empêché le Tu-144 de voler avec presque un an de retard sur le programme initialement prévu.

Malgré leur capacité reconnue dans le domaine de la métallurgie, les Soviétiques, qui ont aussi une expérience inégalée des gros bombardiers subsoniques, se sont contentés d'alliages légers pour la structure du Tu-144. Ainsi leur appareil se place dans la même gamme de vitesses que Concorde malgré le chiffre optimiste annoncé de Mach 2,5. La structure serait calculée pour 30 000 heures d'utilisation. Chaque fois que cela est apparu possible, il a été fait appel, subsidiairement, aux matériaux les plus évolués : acier inoxydable, titane, plastiques.

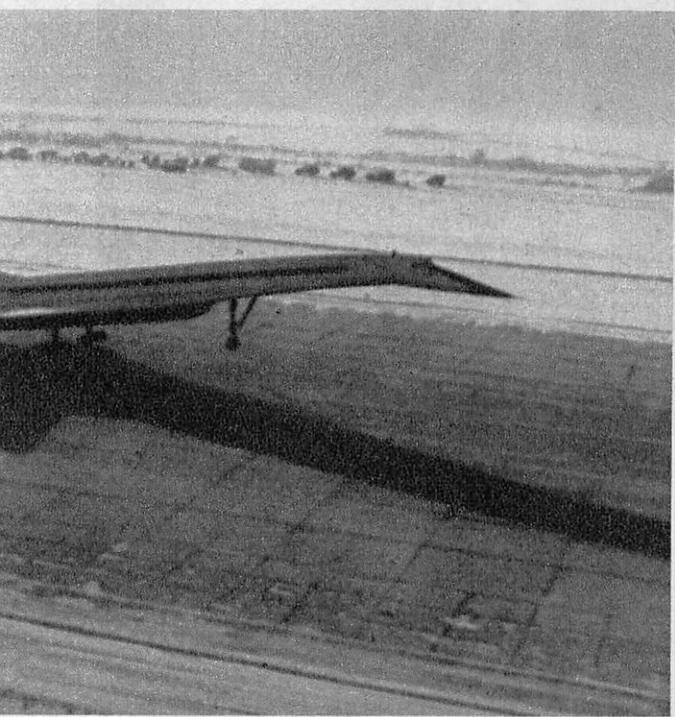
L'équipement électronique représente, dit-on, 50 % de la valeur de l'avion. Il comprend



un calculateur analogique, couplé au système de navigation inertiel, à une centrale aérodynamique, au pilote automatique, au circuit de « pilotage » des entrées d'air à géométrie variable... Environ 90 % des ordres de pilotage sont ainsi assurés automatiquement, notamment le calcul de la trajectoire, de la consommation en carburant, l'atterrissement tous-temps. De plus, certaines manœuvres sont effectuées sous le contrôle de bandes magnétiques préenregistrées. Bon nombre de ces équipements sont d'origine britannique, conçus et fournis par des firmes comme English Electric, Marconi, Plessey, Cossor, Ultra Electronics qui, parfois, travaillent aussi pour Concorde.

Au terme du premier vol du Tu-144, en décembre 1968, le constructeur général Andreï Tupolev congratule son pilote d'essais E. Elian.

La ressemblance du Tupolev 144 avec son frère occidental est frappante, au point qu'il a été surnommé « Concordov » par des esprits facétieux... La principale différence est l'implantation des réacteurs sous la partie centrale du fuselage. On notera d'autre part la forme relativement simple de l'aile, d'une aérodynamique beaucoup moins « optimisée » que celle de Concorde. Le train d'atterrissement s'escamote dans l'épaisseur de l'aile et, de ce fait, il porte des roues de très faible diamètre. On peut considérer que les Soviétiques ont libéralement utilisé l'abondante littérature technique publiée sur Concorde.



PHOTOS APN

Les Soviétiques ont choisi de suspendre les réacteurs sous l'aile dans deux nacelles doubles très rapprochées entre lesquelles s'escamote l'atterrisseur avant. Cette installation est curieuse puisque, par contre, les quatre tuyères « à paupières » sont jointives. La disposition des nacelles empêche un escamotage latéral des roues principales dans le bas du fuselage et l'atterrisseur est logé dans la voilure. Ceci a imposé l'emploi de pneus de très faible diamètre, à raison de douze par atterrisseur, ce qui ne doit pas simplifier les questions d'entretien.

Les réacteurs Kuznetsov NK-144 sont des double-flux à postcombustion, dérivés des NK-8 utilisés sur l'Iliouchine Il-62. Avec son



taux de dilution de 1, ce réacteur a certainement une meilleure consommation spécifique que l'Olympus. Remarquons toutefois qu'il ne donne que 13 tonnes de poussée à sec (17,5 tonnes avec postcombustion) contre près de 15 tonnes pour le réacteur de Concorde.

Les chiffres annoncés par les Soviétiques : 120 passagers transportés à 2 500 km/h sur 6 500 km, pour un poids au décollage de 150 tonnes, paraissent peu conformes aux résultats des études faites en Occident. Ou les Soviétiques ont un secret dans la conception de leurs réacteurs ou la nature du carburant utilisé, ou les chiffres donnés ne sont pas homogènes, c'est-à-dire qu'ils ne peuvent pas être obtenus en même temps. Il est vraisemblable que le Tu-144 de série sera beaucoup plus lourd. La distance franchissable pourrait d'ailleurs inclure des escales intermédiaires, mais on peut penser que les délais qui en découleraient feraient perdre son intérêt au vol supersonique.

Même si l'on peut faire quelques réserves à son sujet, le Tu-144 n'en demeure pas moins le premier avion de transport du monde conçu pour le vol supersonique à avoir volé. Il reste maintenant à franchir Mach 1, puis Mach 2 et, là, la partie n'est pas encore gagnée.

Sur le plan commercial, il ne faut pas voir dans le Tu-144 un concurrent possible de Concorde. Certainement pas conçu selon les règlements internationaux, le Tu-144 ne pourrait être mis en service par une compagnie occidentale. De plus, sa rentabilité est probablement précaire par rapport aux chiffres généralement admis et le difficile problème de l'après-vente n'est toujours pas résolu.

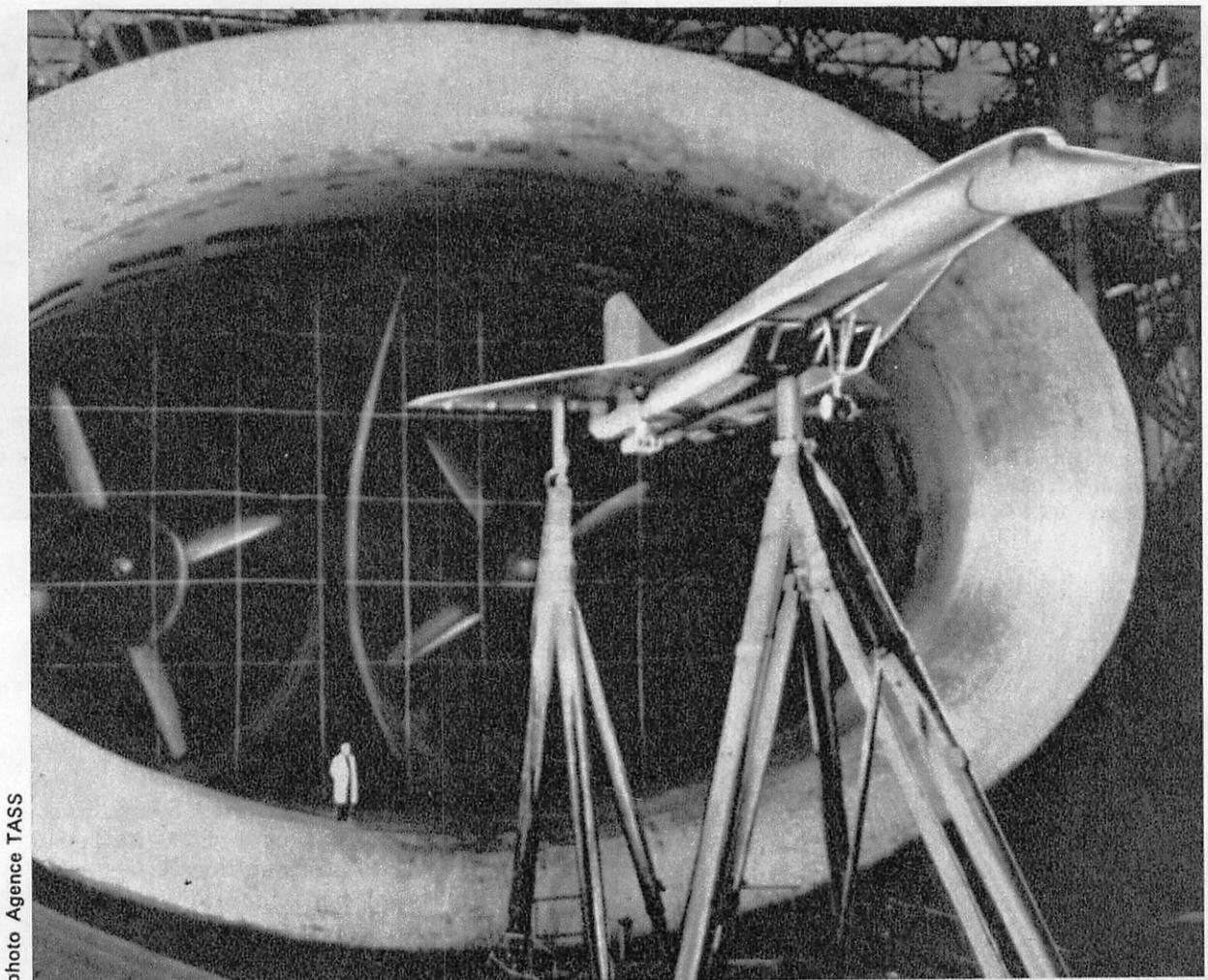


photo Agence TASS

Pour autant qu'on le sache, des moyens d'essais comparables à ceux utilisés en Occident pour Concorde ont été mis en œuvre en URSS avant le premier vol du Tu-144.
La photographie ci-dessus montre une maquette du supersonique soviétique en soufflerie, dans un centre d'études aérodynamiques proche de Moscou. La taille du technicien photographié au pied de la maquette donne une idée des dimensions des deux soufflantes visibles au fond.

Les avatars du projet SST

Lancé en défi à Concorde, qu'il ne prétendait pas battre dans le temps mais sur le plan de l'économie et de la souplesse d'emploi, le SST américain fut proposé, on s'en souvient, sous deux formes. D'une part un projet Lockheed assez comparable à Concorde avec son aile en double delta ; le second, beaucoup plus ambitieux, proposé par Boeing, avec une voilure à géométrie variable. Dans leur définition initiale, l'un et l'autre devaient croiser à Mach 3.

L'offre de Boeing fut retenue, mais dès le

départ, certains spécialistes étaient sceptiques quant aux chances d'aboutissement d'un projet alliant trop de nouveautés : voilure à géométrie variable, cellule en métaux réfractaires, réacteurs supersoniques de forte poussée jamais expérimentés en vol... Le choix de Boeing était pourtant assez logique. Un avion de transport est un compromis délicat entre des exigences souvent contradictoires. Il doit, pour un prix compétitif, être de technique suffisamment avancée pour connaître une vie industrielle longue, et suffisamment attrayant par ses paramètres économiques pour s'imposer sur ses concurrents. Le transporteur cherchera la fiabilité, la sécurité, l'économie d'exploitation, sans négliger le progrès technique qui lui permettra de ne pas renouveler sa flotte trop souvent. Le projet Boeing était satisfaisant sur ces différents points, offrant notamment, par sa voilure à géométrie variable, de coupler les avantages d'économie et les qualités de vol des « jets » actuels aux basses et moyennes vitesses avec une vitesse de croisière de l'ordre de Mach 3.

Mais, d'un avant-projet à l'autre, la solution d'avant-garde s'est révélée impraticable. Au bout de cinq ans de recherches, c'est l'échec : parvenu à sa définition optimale, le SST à flèche variable pèse 25 tonnes de trop, soit plus que sa charge payante. Avec son plein de passagers, il ne franchit plus l'Atlantique ; en augmentant le carburant au détriment de la charge marchande, l'Atlantique devient possible, mais l'avion n'est plus rentable.

La géométrie variable a été responsable de cet échec. Il va de soi qu'avec ses pivots et systèmes mécaniques divers, une aile mobile est plus lourde qu'une voilure fixe. Mais cela n'explique pas tout. Pour tirer pleinement profit de la faible flèche aux basses vitesses, il avait fallu prévoir aussi des systèmes hypersustentateurs très développés, au bord d'attaque et au bord de fuite. Autant d'éléments mobiles représentant quelques tonnes. La principale difficulté, cependant, a été de ne pouvoir suspendre les réacteurs sous l'aile, dans le plan du centre de gravité. Afin qu'ils demeurent toujours parallèles à l'axe du vol, il aurait été nécessaire qu'ils soient fixés à la voilure par une articulation quelconque, ce qui était bien aléatoire pour des groupes de 28 tonnes de poussée. Dans ces conditions mêmes, la position du centre de poussée par rapport au centre de gravité aurait subi de trop grandes variations.

Implanter les quatre réacteurs sous le fuselage, c'est-à-dire sous le plancher de la cabine, aurait été source de bruit, d'inconfort et de danger. Il fut donc décidé de les placer à l'arrière, sous les empennages. Mais de telles masses, si éloignées du centre de gravité, compliquaient le centrage, d'autant qu'ils transmettaient à la structure d'énormes efforts impliquant des renforcements de l'arrière du fuselage et des empennages.

Force fut, à la fin de 1968, de revenir à un appareil à géométrie fixe, le Boeing 2707-300. Mais ce retour à une conception plus raisonnable n'a pas sauvé le projet.

Le Boeing supersonique formule actuelle

L'Administration Johnson devait, en principe, prendre une décision sur la phase prototype avant de passer ses pouvoirs à l'équipe Nixon. En fait, le dossier non réglé a fait partie de la succession et une commission d'enquête a été nommée. Ceci témoigne de la prudence de l'Administration américaine vis-à-vis d'un projet qui a déjà coûté 2,5 milliards de francs de travaux préparatoires et dont elle doit financer 90 % du montant.

En principe, une décision devrait être prise cette année, mais, fait symptomatique, Boeing

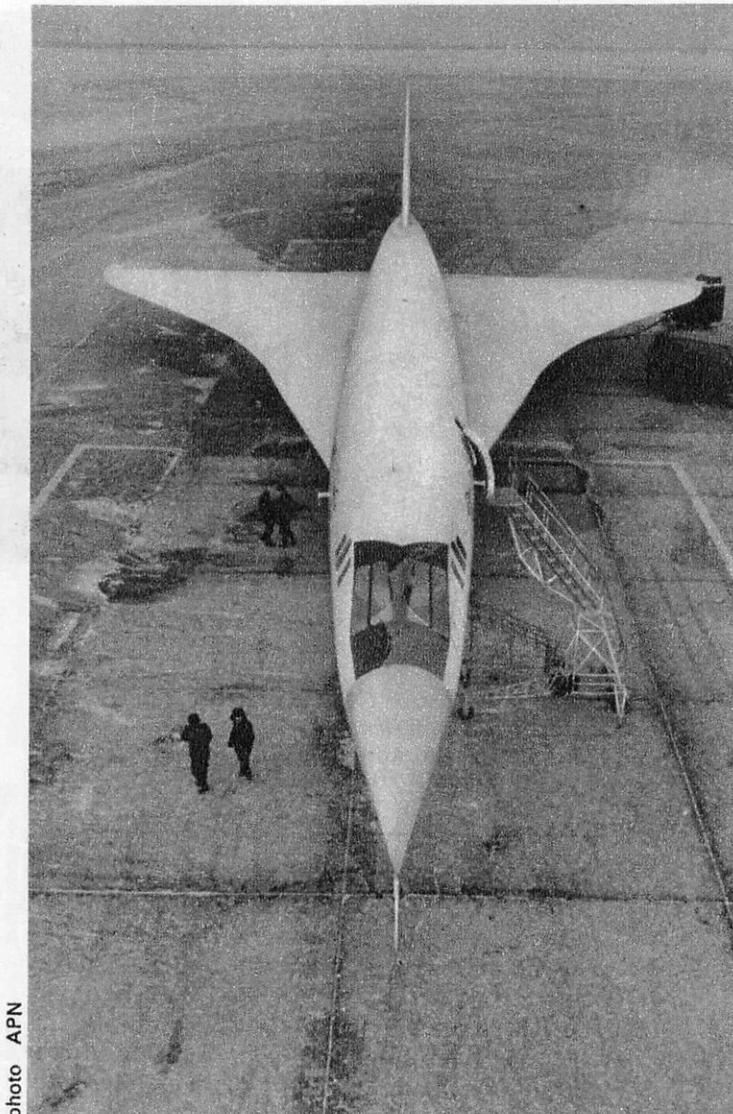


photo APN

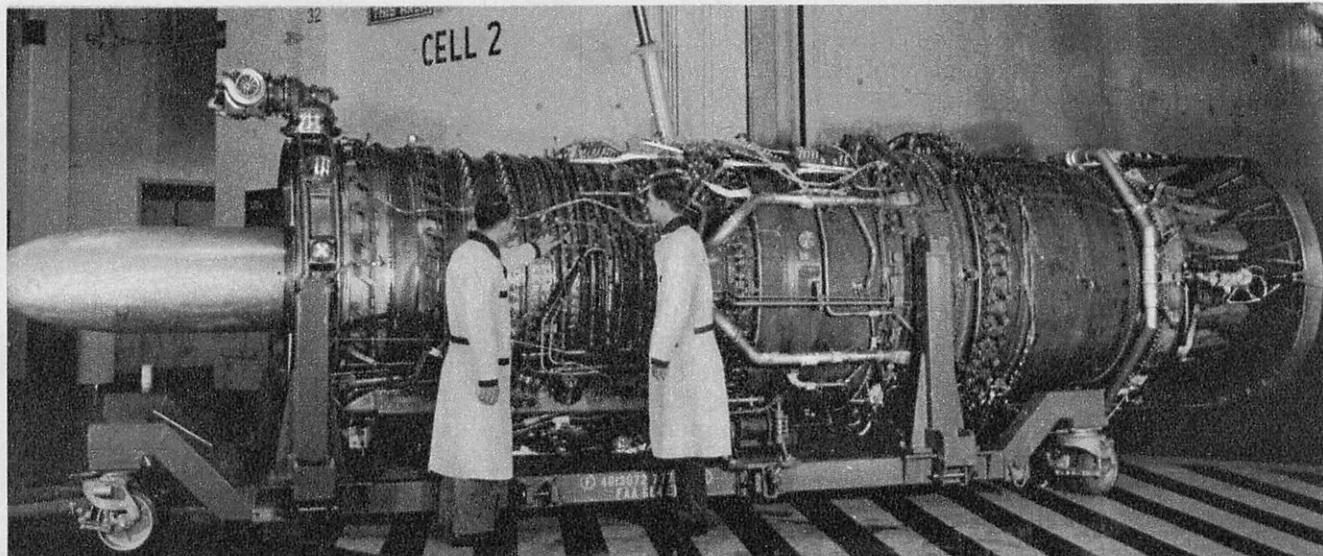
Le Tupolev 144 est le premier « delta pur » ayant volé, ou plus exactement conçu en URSS.

Il fut précédé d'une maquette volante qui n'était autre qu'un Mig 21 transformé. On remarquera les lignes simples et dépouillées de l'appareil dont le bord d'attaque n'offre même pas une cambrure. On notera que les grands espaces russes dispensent de l'emploi d'un silencieux pour les essais au sol des réacteurs.

prépare le lancement d'un projet d'Airbus pour équilibrer ses plans de charges.

Conçu pour transporter 280 passagers à Mach 2,7 sur 6 000 km, le Boeing 2707-300 comporte maintenant une voilure delta de 50 % de flèche au bord d'attaque et de profil évolutif. A l'arrière, des empennages classiques permettront l'hypersustentation.

La gamme de vitesses considérée a impliqué l'emploi d'un alliage de titane capable de résister aux hautes températures de Mach 2,7.



Cet énorme réacteur, sans aucun doute le plus puissant du monde avec ses 28 700 kg de poussée, est le General Electric GE4, destiné au transport supersonique américain. Il est dérivé du moteur mis au point pour le défunt B-70 de Mach 3.

Cette structure sera très compliquée : pour satisfaire aux lois de l'aérodynamique supersonique, le fuselage ne sera pas rectiligne, mais incurvé vers le bas dans son plan vertical ; de même, sa section sera évolutive sur toute la longueur, en application de la loi des aires. La voilure elle-même sera de forme compliquée, avec un dièdre « en aile de mouette ».

La propulsion sera assurée par quatre réacteurs à double flux et postcombustion General Electric GE4-J5P, donnant près de 30 tonnes de poussée au décollage. Chacun des moteurs est logé dans une nacelle indépendante comprenant une entrée d'air à géométrie variable.

Le poste de pilotage est aménagé pour trois hommes : pilote, co-pilote et ingénieur-mécanicien, plus deux « observateurs ». Le nez est mobile et peut basculer vers le bas à l'atterrissement et au décollage afin d'améliorer la visibilité.

Longue de 54 mètres, la cabine peut recevoir 234 sièges en classe « touristes », disposés par rangées de 5, sauf à l'arrière et à l'avant où la section du fuselage est rétrécie. Deux soutes à bagages seront aménagées sous la cabine. L'une de 30 m³, à l'avant, recevra des conteneurs normalisés. La soute arrière (8,5 m³) sera réservée au fret en vrac.

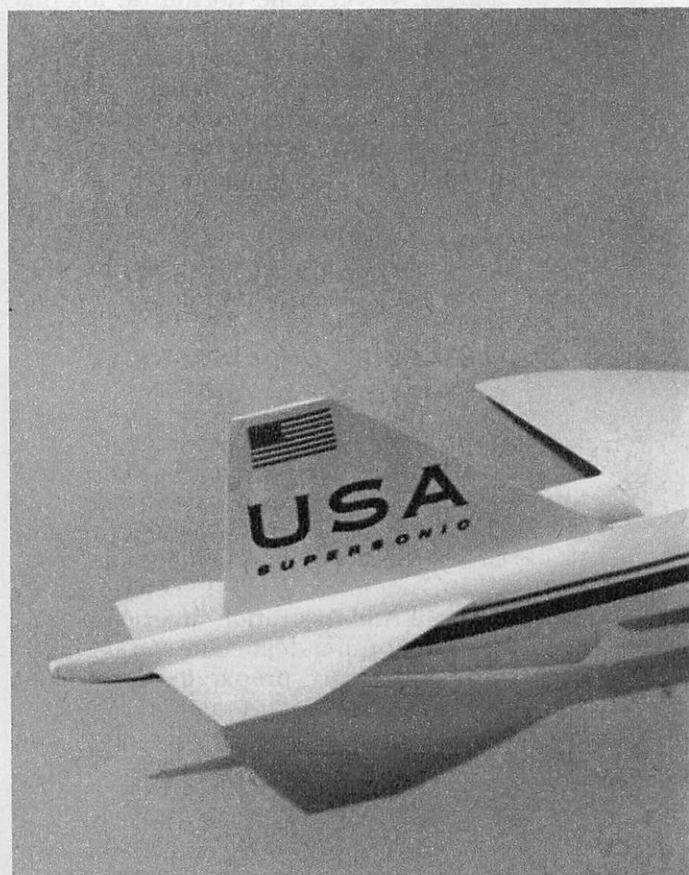
Les deux atterrisseurs principaux s'escamotent verticalement dans l'épaisseur de l'aile

ce qui, limitant le diamètre des pneus, a conduit à en utiliser douze par jambe. La roue avant est classique.

Les commandes de vol et gouvernes sont identiques à celles de n'importe quel avion. Les bords d'attaque et de fuite seront munis de becs basculants (30 et 50°) et de volets et « flaperons » (combinant les fonctions d'ailes-rons de gauchissement et de volets).

Le système de contrôle d'environnement se composera de quatre circuits indépendants utilisant de l'air prélevé sur les moteurs.

Selon les estimations actuelles, le Boeing



2707-300 pèsera plus de 340 tonnes au décollage (dont 22 de charge payante) et 195 tonnes en fin d'étape. En atmosphère standard, la distance franchissable sera de 6 680 kilomètres ; par temps chaud, elle tombera à 6 200 km à Mach 2,62 en croisière. La longueur de roulement au décollage sera de 3 300 m et celle d'atterrissement de 2 380 m. Le moins que l'on puisse dire est que l'Administration Nixon ne paraît pas enthousiasmée par le programme SST et prend tout son temps pour décider de son avenir. En principe, une décision était attendue pour le 15 avril, ce qui devait permettre de faire voler le prototype en mars 1972. Compte tenu des 500 millions de dollars d'ores et déjà dépensés en études préliminaires, 616 millions de dollars sont estimés nécessaires pour mener à bien la fabrication de deux avions et leurs essais en vol. Encore ce chiffre paraît-il très optimiste.

Quant à l'entrée en service sur les lignes, certification terminée, elle est attendue pour 1980. Le Boeing 2707-300, pour lequel la F.A.A. détient 122 options, serait vendu 80 millions de francs l'unité et ses promoteurs voient pour lui un marché de 500 appareils d'ici 1990. Plus encore que Concorde, le SST risque pourtant de souffrir de limitations d'emploi au-dessus des terres puisque le bruit en vol supersonique varie avec le tonnage et la vitesse.

S'il est vraisemblable que la décision du

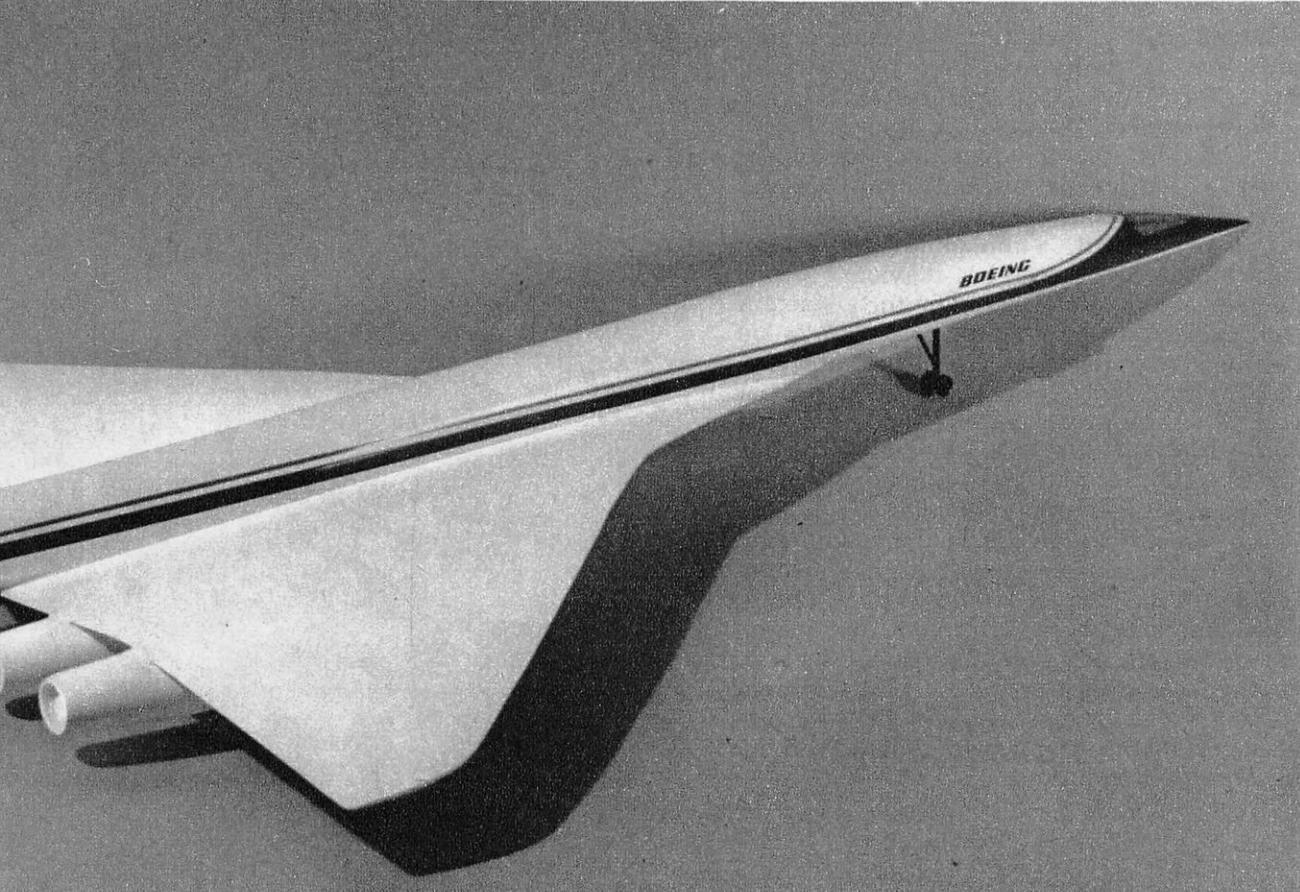
président Nixon sera favorable au SST, car les Etats-Unis ne peuvent demeurer en dehors de l'ère du transport supersonique, l'évolution du projet reste, à long terme, inconnue. Reviendra-t-on finalement à la géométrie variable ? C'est possible, mais on peut penser aussi que l'on tirera pleinement profit dans un premier temps des deux gammes lancées avec Concorde et le 2707-300 dans sa définition actuelle. Tous deux peuvent connaître une longue descendance. Dans la catégorie Mach 2, il n'est pas déraisonnable de penser à un « jumbojet ». Quant à Lucien Servanty, père de Concorde, s'il a à plusieurs reprises témoigné de son scepticisme vis-à-vis du Boeing à géométrie variable, il pense que l'avion de l'avenir sera un supersonique à décollage vertical, et qu'il pourrait être européen....

Roland de NARBONNE

Dans sa forme la plus récente, le Boeing 2707-300 a abandonné la géométrie variable pour revenir à une voilure en delta classique avec empennage.

L'optimisation des formes pour le vol en régime supersonique a conduit à une silhouette très mouvementée, tordue et cambrée dans tous les plans.

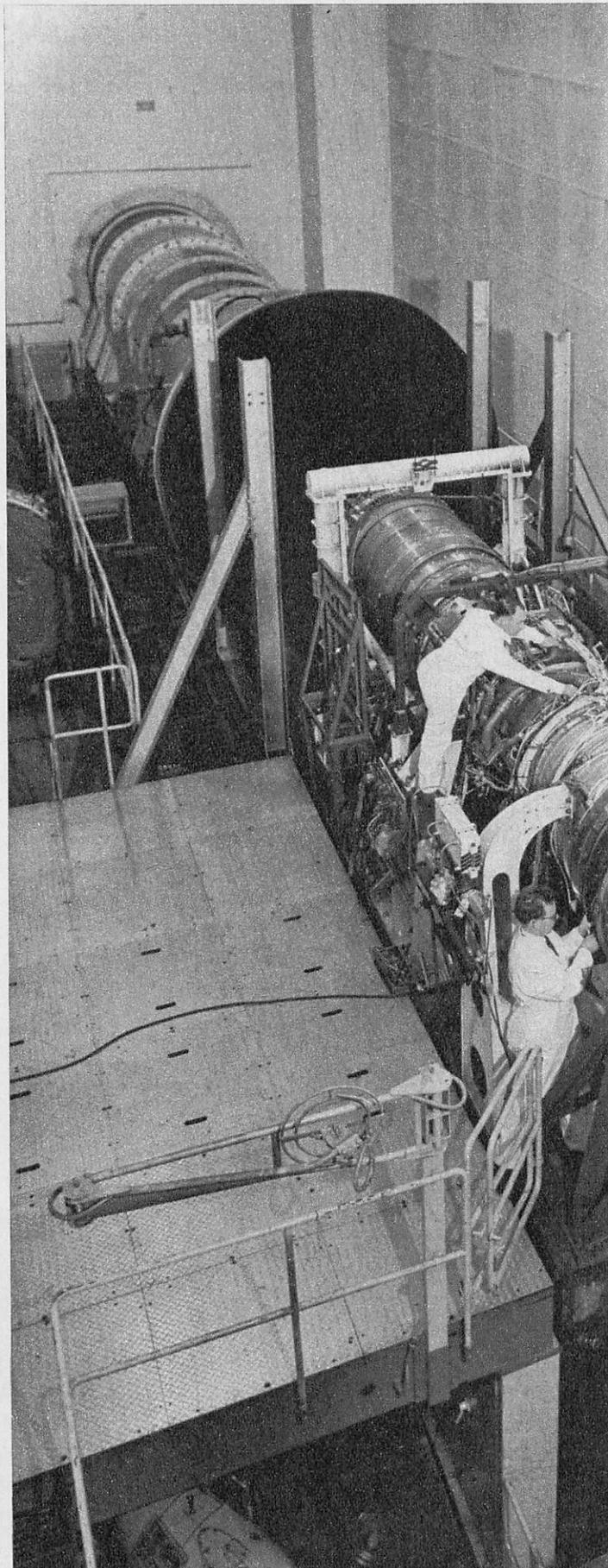
La présence d'un empennage coûte cher en trainée et en poids mais permet d'hypersustenter abondamment la voilure en compensant le couple piqueur engendré par la sortie des becs et volets.

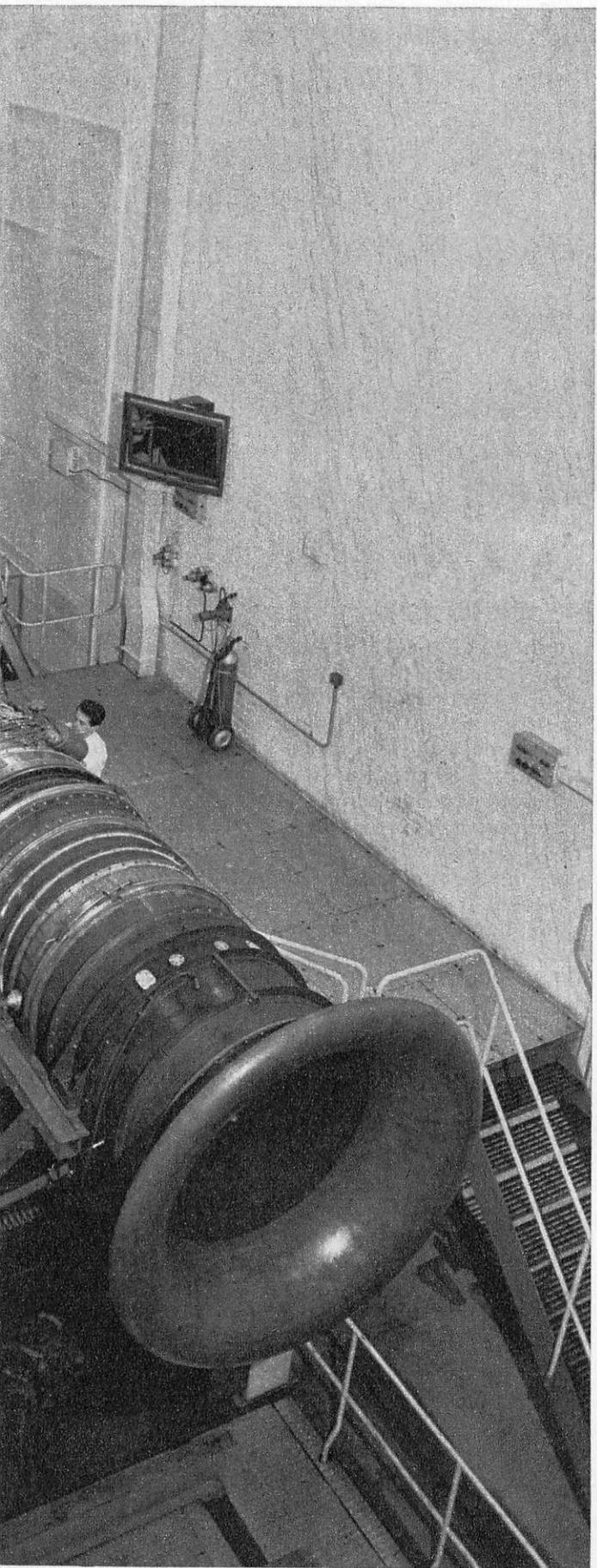


l'évolution de la propulsion

Les années qui ont suivi la dernière guerre mondiale avaient vu une transformation radicale dans la propulsion des avions avec l'apparition des turboréacteurs. Depuis quelques années, on assiste à une évolution tout aussi importante, quoique moins spectaculaire, puisqu'aux turboréacteurs simples ont succédé les turboréacteurs à double flux qui, petit à petit, s'implantent solidement dans toutes les catégories d'avions.

Rappelons tout d'abord qu'un turboréacteur à double flux comporte, par rapport à un turboréacteur classique, une soufflante supplémentaire, dont le flux d'air ne passe pas dans la chambre de combustion, mais est éjecté directement à l'arrière et mélangé aux gaz de combustion. Il en résulte comme principaux avantages une réduction de la consommation spécifique, particulièrement intéressante pour les moteurs civils, une réduction du bruit liée à la plus faible vitesse d'éjection des gaz, et enfin une augmentation de la poussée, particulièrement sensible au décollage et en montée. Le seul prix dont il faut payer ces avantages est une augmentation du maître-couple du moteur, dû au diamètre de la soufflante.





Quant au turbopropulseur, qui équipait encore il y a peu d'années bon nombre d'avions de transport de vitesse limitée à 600 km/h, il cède lui aussi la place au turboréacteur à double flux, la turbine à gaz s'orientant de plus en plus vers l'équipement des hélicoptères.

Les réacteurs de faible poussée

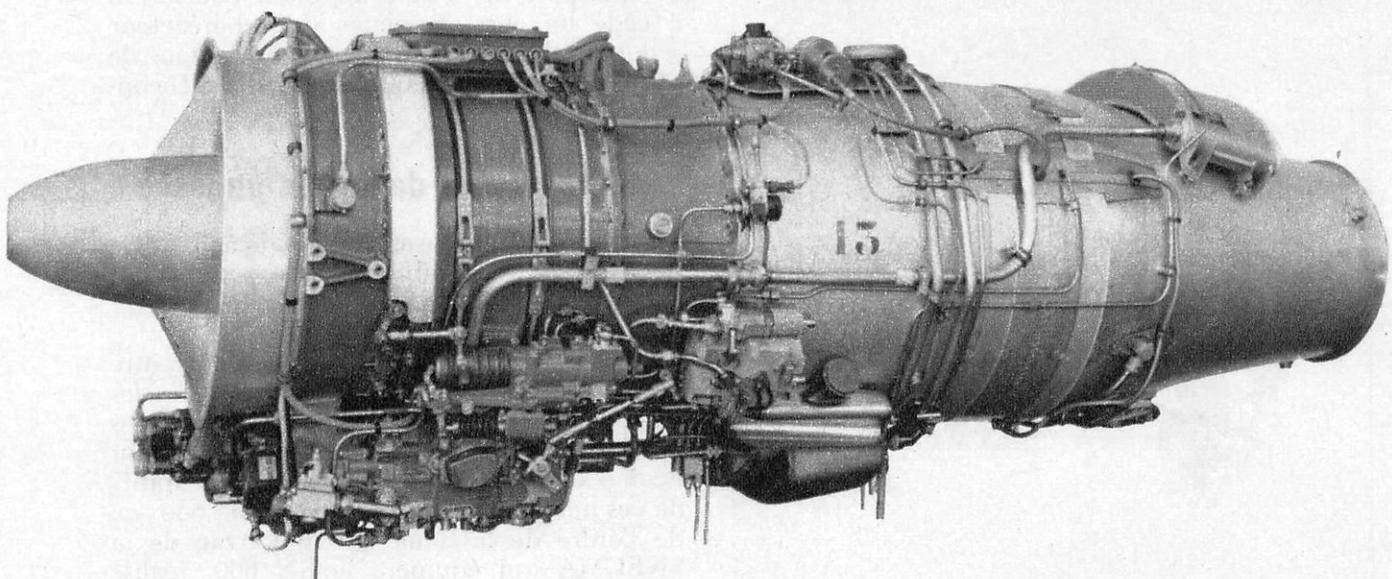
Depuis de nombreuses années déjà il existe des réacteurs de faible poussée, notamment en France, avec la famille des Marboré et Aubisque réalisée par Turboméca.

Cette classe de réacteurs vient de connaître un développement soudain grâce à l'éclosion d'une nouvelle catégorie d'avions, les avions d'affaires, dont le poids tourne autour de 5,5 tonnes. L'un des plus représentatifs de ces moteurs qui doivent avoir une poussée de l'ordre de la tonne est le Larzac de la SNECMA qui équipera le SN 600, réalisé conjointement par Nord-Aviation et Sud-Aviation. Il s'agit d'un turboréacteur double-corps, double-flux, remarquablement léger puisque son rapport poussée/poids ne dépasse pas 0,25 et dont la consommation spécifique au niveau de la mer sera de 0,61 kg par kg de poussée et par heure. Il comporte une soufflante à deux étages montée à l'avant d'un compresseur à quatre étages en titane qui donne passage au seul flux principal ; le flux secondaire sort directement de la soufflante et n'est pas mélangé au flux principal. Le taux de dilution est de 1,4 et le rapport de pression total de 9.

Mentionnons encore le Pratt et Whitney (United Aircraft of Canada) JT 15 D également de 1 tonne de poussée et qui équipera le premier prototype du SN 600 dans l'attente de la mise au point du Larzac.

A la limite de cette catégorie, il faut mentionner le M 45 réalisé conjointement par la SNECMA et Rolls-Royce, et dont la version H a effectué ses premiers essais au banc au début de l'année. Ce réacteur de 3 500 kg de poussée doit équiper l'avion de transport allemand VFW 614. Ses performances ont été volontairement limitées afin de réduire au minimum la durée du développement initial. Toutefois, des études sont en prépara-

L'Olympus 593 du supersonique Concorde a maintenant dépassé très largement les 5 000 heures de fonctionnement au banc d'essais statique, subsonique et supersonique, et en vol. Ce réacteur simple-flux à hautes performances est équipé d'une réchauffe partielle capable de porter la poussée totale à près de 17 tonnes.



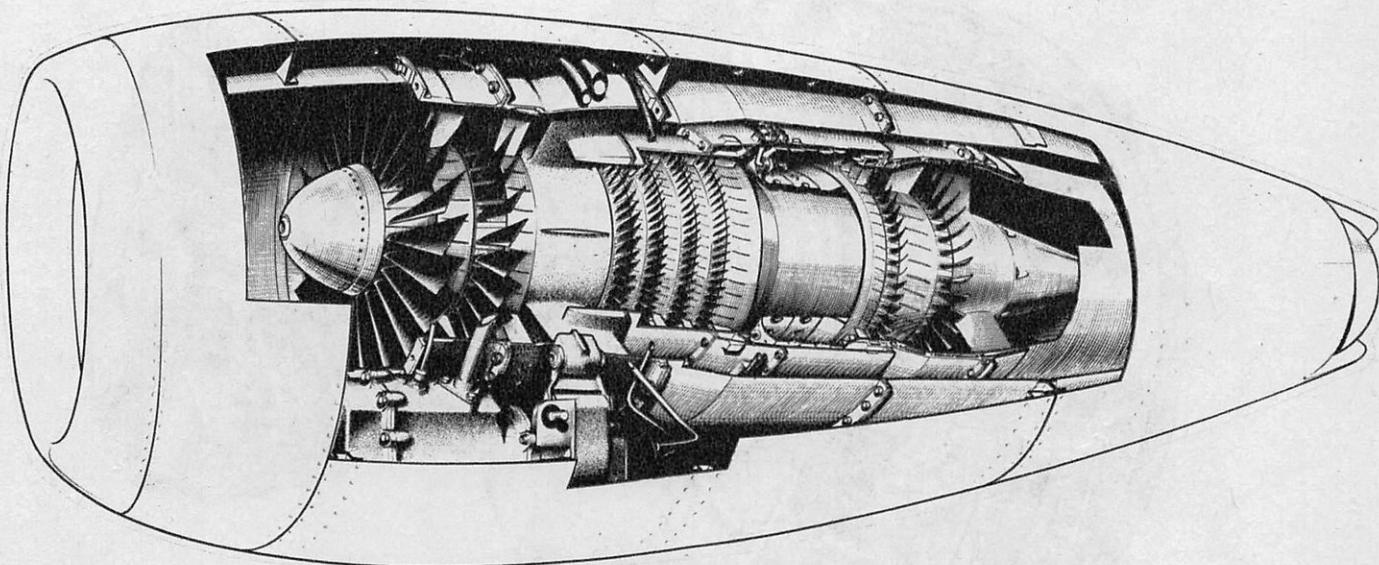
Turboméca a acquis une renommée certaine dans la construction de réacteurs de faible poussée, tels que le double-flux Aubisque 1 A (ci-dessus) construit en grande série. D'un poids à sec, complètement équipé, inférieur à 300 kg, l'Aubisque 1 A fournit 475 kg de poussée en régime de croisière.

tion pour un développement ultérieur qui l'amènerait à près de 4 500 kg de poussée. Son taux de dilution est de 2,85 et son rapport de pression de 18. Le rapport poussée/poids, enfin, est de l'ordre de 5. Il comporte un ensemble de compression double-corps à 14 étages (2 étages de soufflante, 5 étages de compresseur basse-pression et 7 étages de compresseur haute-pression) entraîné par une turbine à 4 étages (1 étage haute-pression + 3 étages basse-pression).

Moteurs pour airbus et jumbojets

A l'autre extrémité de la gamme des poussées, les progrès dans la technologie ont également porté sur une réduction du poids et de la consommation spécifique. Avec le Trent, le R.B. 211 et le R.B. 207, Rolls-Royce a développé une nouvelle famille de réacteurs double-flux à trois arbres, qui se caractérisent par un taux de dilution (c'est-à-dire le rapport des débits entre les deux flux) élevé, l'augmentation du rapport de pression et l'emploi de nouveaux matériaux, notamment pour les ailettes de compresseurs. Ces réacteurs comportent des soufflantes de grand diamètre à plusieurs étages, que l'on peut

presque assimiler à des hélices à pales multiples, si bien qu'ils constituent en fait un stade intermédiaire entre le turboréacteur classique et le turbopropulseur dont ils se rapprochent sur le plan de la consommation. Le R.B. 211, proposé pour équiper l'Airbus européen développe une poussée de 18 500 kg. Par rapport aux moteurs pour avions civils de la génération précédente, le R.B. 211 procure une économie de consommation de 25 %. Ce résultat a été obtenu grâce à l'adoption d'un taux de compression global de 27. Alors que sur les précédents réacteurs double-flux la soufflante et le compresseur basse-pression étaient entraînés par la même turbine, il y a ici trois turbines différentes reliées à trois arbres concentriques entraînant respectivement la soufflante, le compresseur basse-pression et le compresseur haute-pression. Le haut rapport de compression sur le flux principal donne un rendement élevé à la combustion ; par ailleurs, le refroidissement par air des ailettes de turbine a permis d'élever la température de combustion. Sur le plan des matériaux, il faut mentionner le recours, pour les ailettes de la soufflante et des premiers étages de compresseur, à un composite à base de matière plastique et de fibres de carbone baptisé « Hyfil ». Ce matériau possède la même résistance et la même rigidité que les meilleurs aciers pour une densité environ quatre fois plus faible. La température de l'air augmentant avec la pression, les autres étages de compresseur sont en titane. Enfin, les carters de soufflante et de compresseur font appel à des matériaux « nid d'abeilles ». Tous



Conçu pour des avions d'affaires ou militaires de moins de cinq tonnes de poids au décollage, le réacteur double-flux Larzac est mis au point pour la propulsion du SN-600 Diplomate.

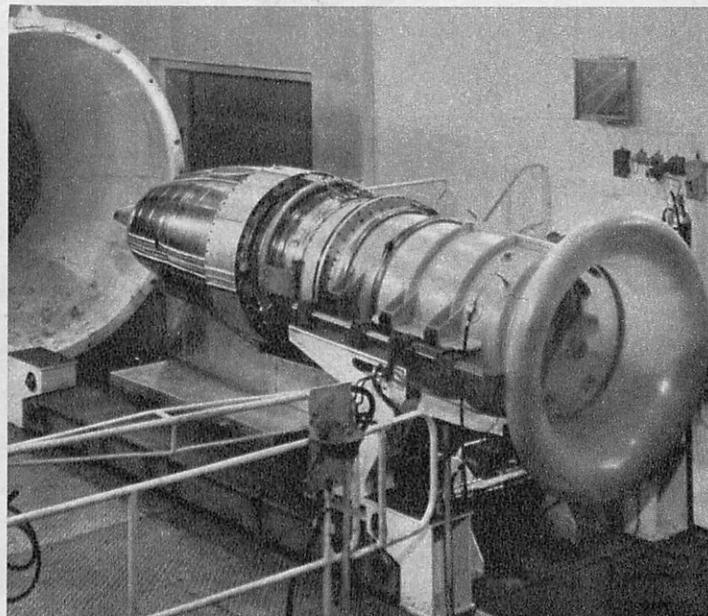
On remarque sur la vue en écorché la soufflante frontale à deux étages, le compresseur quatre étages, entraînés chacun par une turbine simple. Le taux de dilution est de 1,4. Pour un poids total de 260 kg, le Larzac donnerait au décollage une poussée de 1 050 kg.

Photographié au banc d'essais statique de la Bristol Engine Division de Rolls-Royce, le réacteur double-flux M-45 H est mis au point en coopération avec la SNECMA.

Ce moteur à faible consommation spécifique est destiné au biréacteur VFW 614, développé en Allemagne. Le M-45 H fournirait 3 500 kg de poussée au décollage.

ces artifices ont permis de limiter le poids du moteur à 3 750 kg, soit un rapport poussée/poids de 4,8.

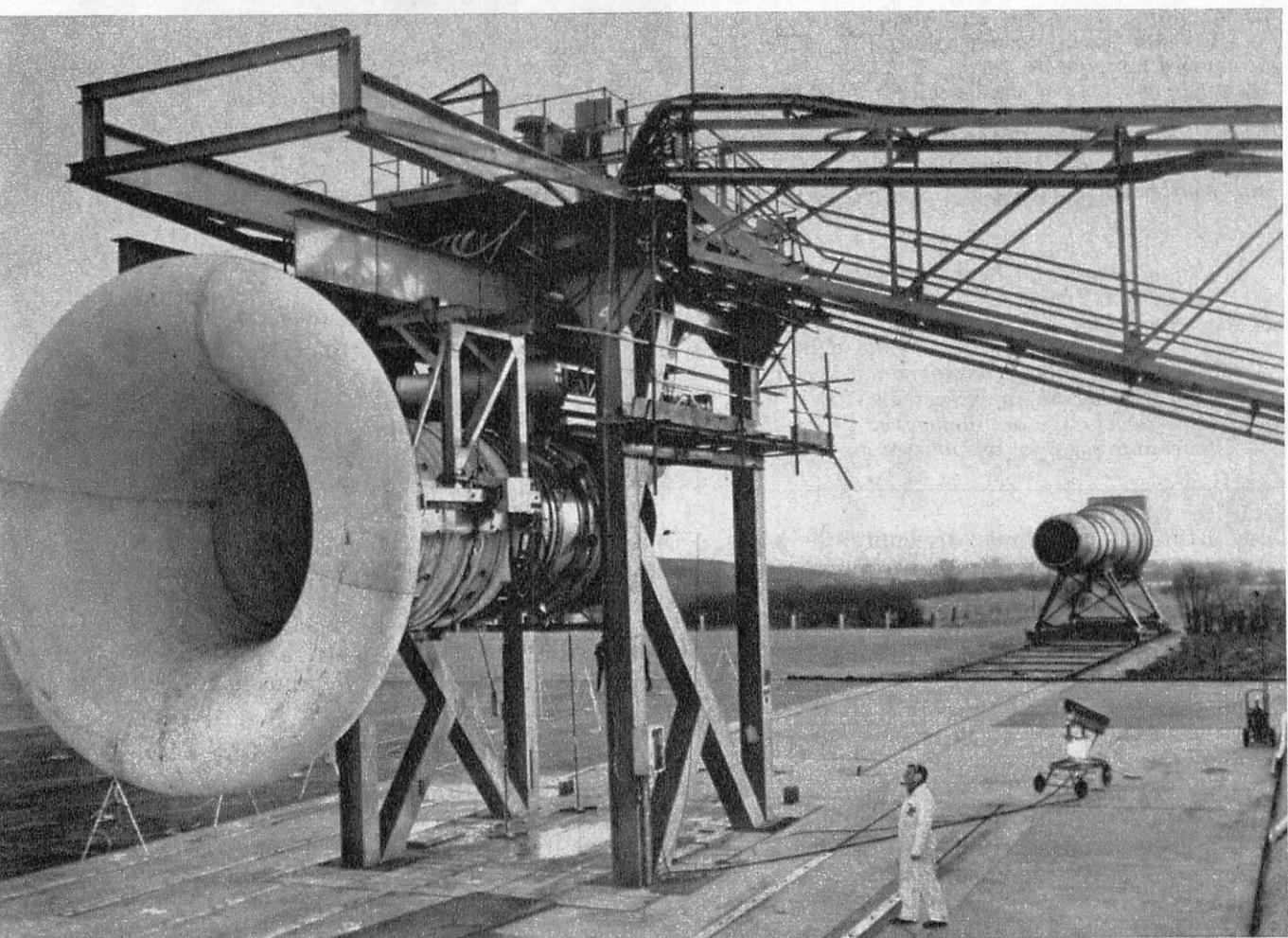
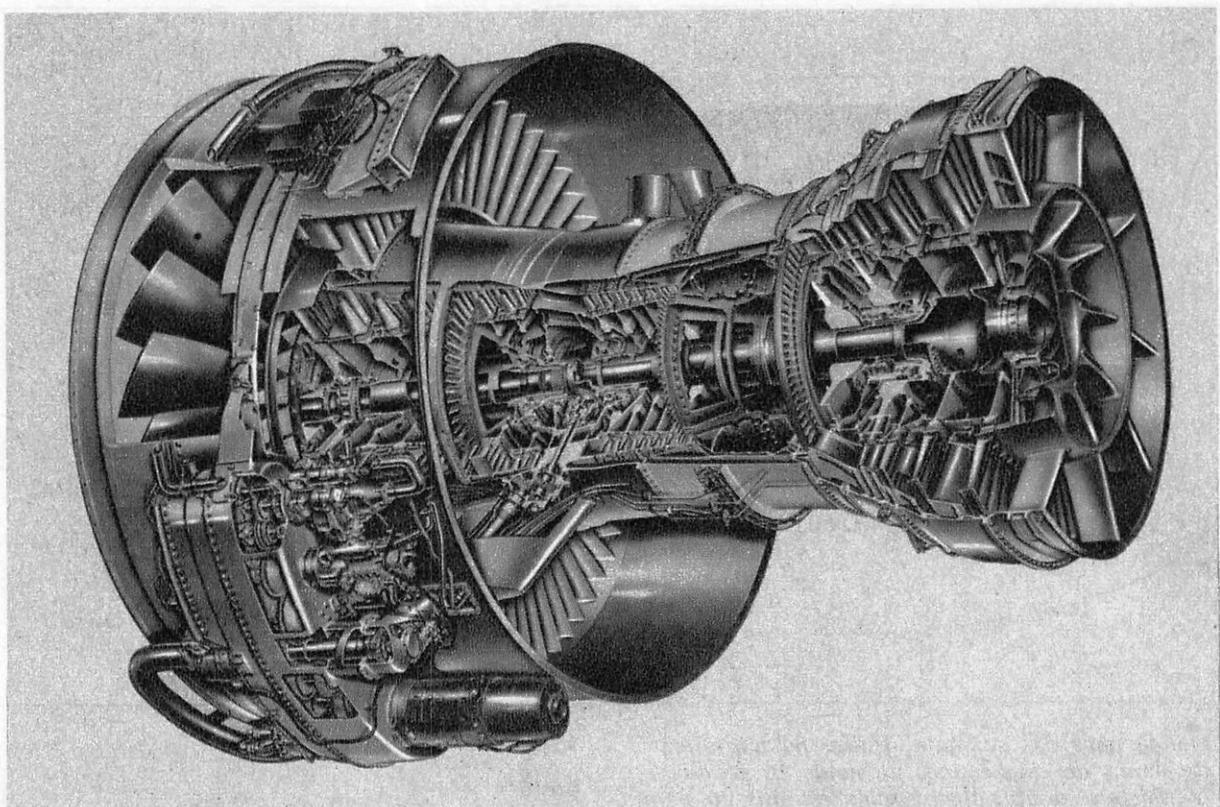
Le R.B. 211 est concurrencé aux Etats-Unis par le Pratt et Whitney JT9D et le General Electric TF-39. Tous deux ont également des soufflantes de grand diamètre montées à l'avant (près de 2,50 m pour le second) et les taux de dilution atteignent respectivement 5 et 8. Sur le TF-39, l'application des plus récents progrès dans le domaine métallurgique a permis d'accepter des températures de 1 250° C en amont de la turbine, amenant ainsi une réduction supplémentaire de la consommation spécifique, qui tombe

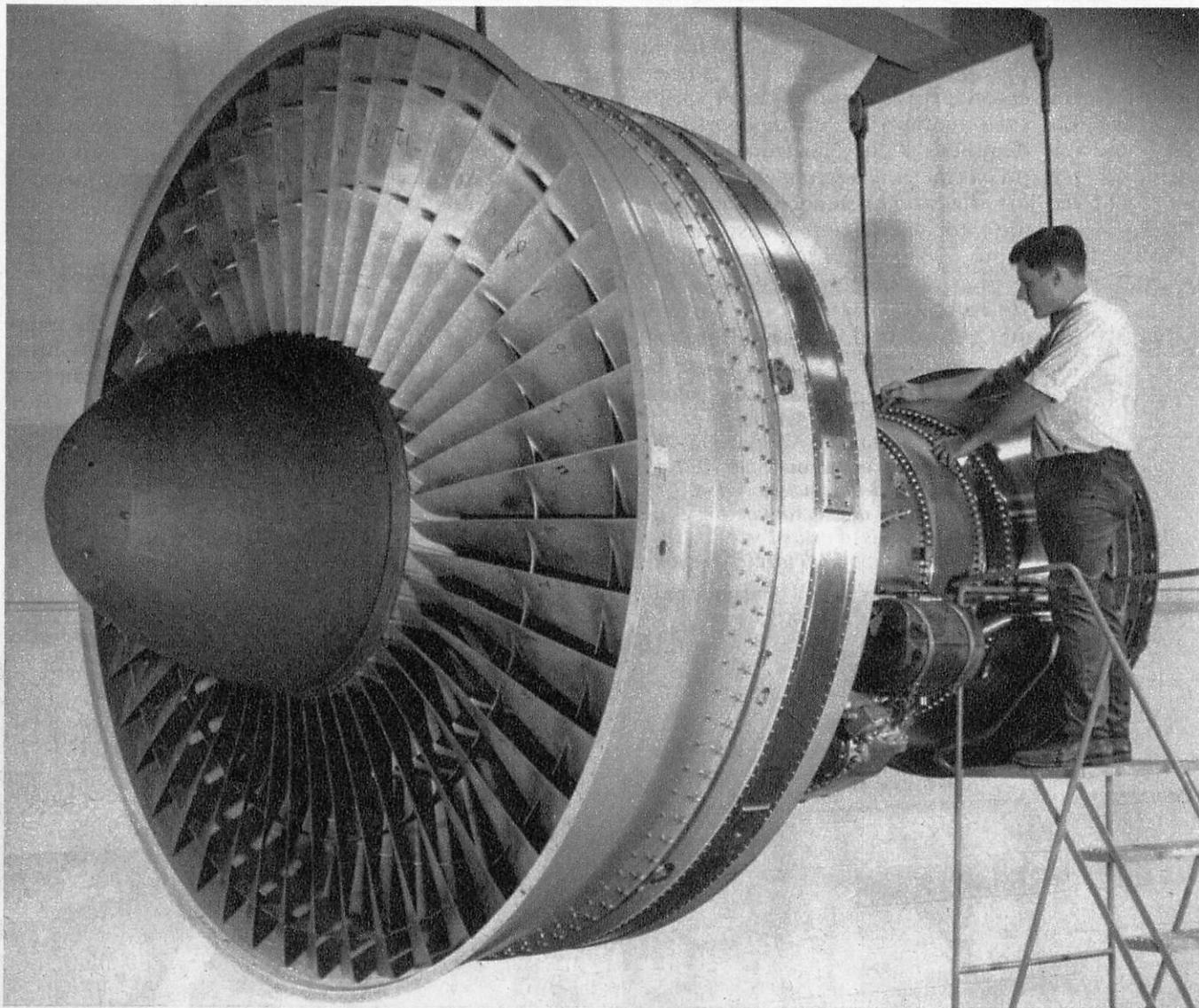


en-dessous de 0,62 kg/heure. Les poussées de ces deux moteurs sont de 18 200 kg pour le TF-39 et de 20 200 kg pour le JT9D. Le premier équipe déjà le Lockheed C 5-A et le second le Boeing 747, mais le JT9D a en outre été envisagé pour l'Airbus européen.

Les moteurs pour avions de transport supersoniques

Dans cette catégorie, on ne trouve pas une prédominance de la technique du double flux, puisque seul le Kuznetsov NK 144 qui équipe le Tupolev Tu-144 y fait appel. Ce





Parmi les moteurs de très forte poussée à grand taux de dilution, le JT9D de Pratt et Whitney est déjà en service. Il équipe le jumbojet Boeing 747 dont le premier vol a eu lieu en février dernier. Le JT9D fournit un peu moins de 20 tonnes de poussée. Le diamètre de la soufflante est de près de 2,50 m (taux de dilution : 5).

Le Rolls-Royce RB-211 a été retenu pour la propulsion de l'Airbus L-1011 de Lockheed. Il s'agit d'un moteur dit « de troisième génération », double-flux à trois arbres concentriques : la soufflante avant est entraînée par une turbine basse-pression spéciale à trois étages. Le taux de dilution est de 5 et la poussée attendue en début de carrière de 18 400 kg. Les essais en vol auront lieu à partir de 1970 à bord d'un BAC VC-10 modifié. Un banc d'essais en plein air (ci-contre) a été aménagé à Hucknall, en particulier pour l'étude du bruit.

moteur comporte un ensemble basse-pression de 5 étages, comprenant la soufflante et le compresseur basse-pression, et un compresseur haute-pression à 11 étages. Le rapport de dilution est de 1 et le rapport de pression global de 15.

Les deux autres réacteurs, l'Olympus 593 de Concorde et le General Electric GE4 prévu pour le Boeing 2 707 ont un certain nombre de points communs, bien que leurs niveaux de performances soit différents. Du fait de la compression dynamique dans l'entrée d'air à la vitesse de croisière élevée, le rapport de pression du compresseur a pu être réduit à 15 sur l'Olympus et à 12 sur le GE4, le nombre d'étages diminuant parallèlement pour atteindre respectivement 14 et 9. Le Boeing 2 707 ayant une gamme de vitesses plus étendue que Concorde, puisqu'il doit voler à Mach 2,7 contre Mach 2,2, le compresseur du GE4 dispose en outre d'aubages de stator à incidence variable qui permettent d'adapter le rendement du compresseur à la vitesse

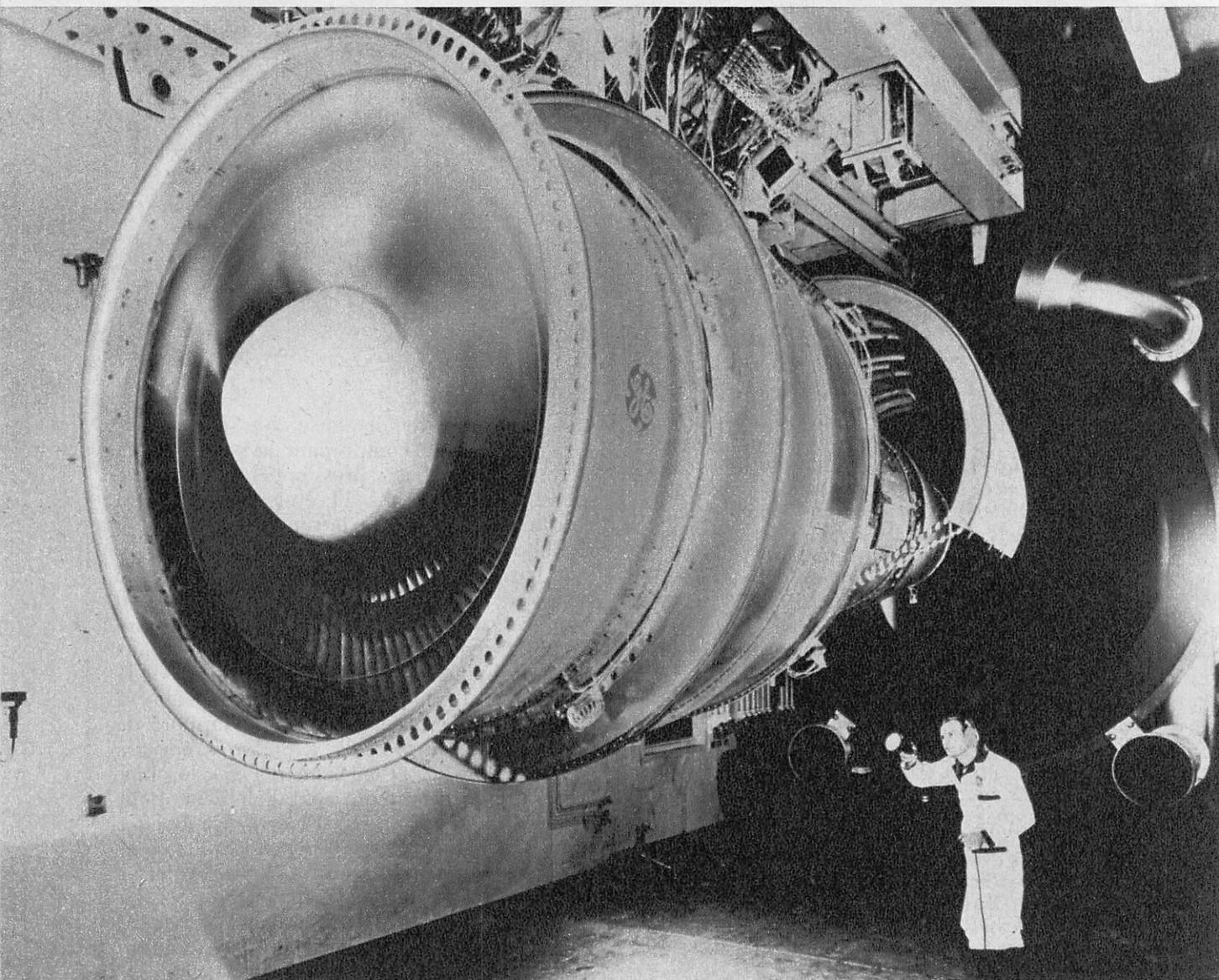
de vol. Ce même souci d'adaptation à la vitesse a conduit par ailleurs à équiper les deux moteurs, ainsi que le NK 144, d'une tuyère convergente-divergente à section variable. Les trois moteurs pour transport supersonique disposent d'une postcombustion modérée qui permet un accroissement de la poussée lors du franchissement de la zone transsonique ; cet accroissement est de 14 % sur l'Olympus 593 et de 35 % sur le GE4. Sur le plan des performances, le GE4 disposerá de la poussée la plus élevée, ce qui est logique puisqu'il doit propulser un avion

Autre double-flux à grand taux de dilution, le General Electric CF-6 équipera le triréacteur McDonnell-Douglas DC-10 qui pourrait entrer en service en 1971. Au banc d'essais, ci-dessous, le CF-6 a déjà produit plus de 20 tonnes de poussée. Après quelques mois d'essais, la production de série a déjà été lancée.

beaucoup plus lourd à une vitesse de croisière plus grande ; elle sera de près de 29 tonnes sans postcombustion contre seulement 16 tonnes pour Concorde et 13 tonnes pour le NK 144. Quant à la consommation spécifique en croisière, tous les efforts au cours du développement des moteurs concourent à sa réduction.

Vers des moteurs silencieux

Avec l'augmentation continue de la poussée des turboréacteurs, le problème du bruit a pris une importance particulière. On sait que la source principale de ce bruit réside dans le jet d'échappement, l'intensité sonore variant avec la huitième puissance de la vitesse d'éjection. Certes, l'adoption du double flux a été heureuse, puisque le mélange, à la sortie de la tuyère, du flux d'air secondaire relativement froid aux gaz de combustion



vient ralentir la vitesse de ces derniers. Mais avec des poussées de 15 à 20 tonnes et des débits de gaz de plusieurs centaines de kg/s, cet effet n'est pas suffisant. Aussi la NASA a-t-elle chargé plusieurs motoristes américains d'étudier des moteurs silencieux. Dans un premier stade, la poussée au décollage a été fixée à 10 tonnes. Pratt et Whitney a ainsi conçu un réacteur ayant un taux de dilution de 5,4 et dont le compresseur à 12 étages comporte cinq premiers étages à géométrie variable. Au régime de décollage, le bruit total du moteur serait de 106 dB, le bruit du jet étant de 94 dB.

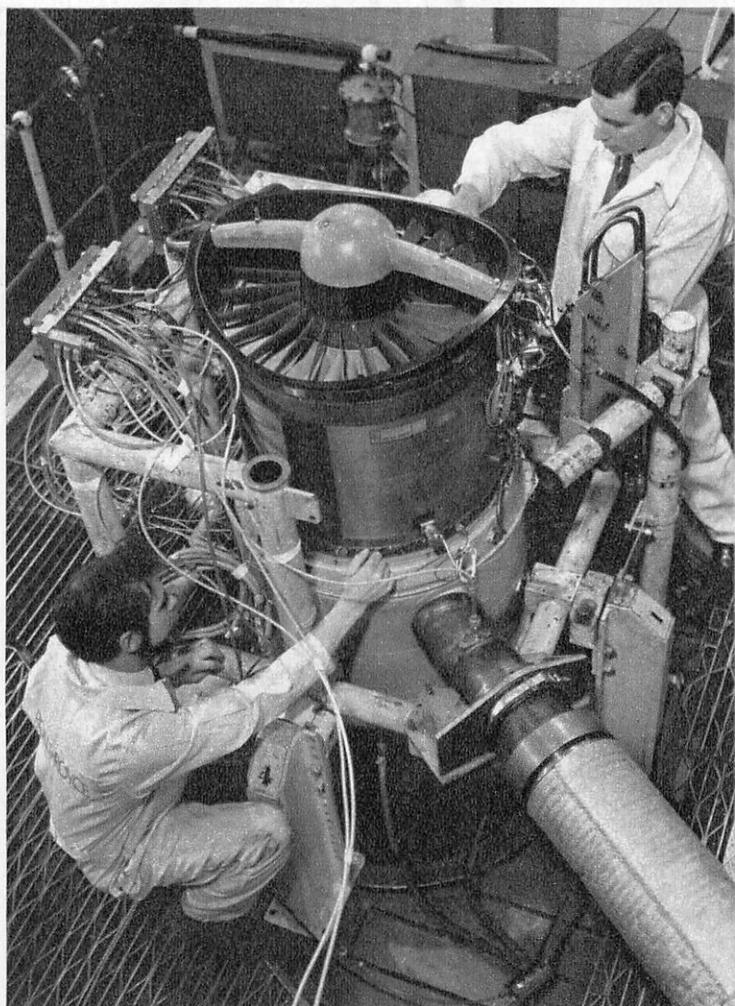
Parmi les plus efficaces méthodes de réduction du bruit, on peut signaler la modification de la section de sortie de la tuyère que l'on cherche à ne plus rendre circulaire en la décomposant en un certain nombre de lobes. Le principe du double flux a introduit une nouvelle source de bruit qui est la soufflante. On peut cependant presque éliminer ce bruit, d'une part en réduisant la vitesse périphérique de la soufflante, d'autre part, grâce à un traitement acoustique de la manche d'entrée et à une conception convenable des aubages fixes et mobiles de la soufflante.

Les réacteurs de sustentation

Dans cette catégorie de moteurs destinés aux avions à décollage et atterrissage verticaux, le progrès, depuis de nombreuses années, se traduit essentiellement par l'augmentation du rapport poussée/poids et par une compacité toujours plus grande, afin de permettre un logement plus facile en position verticale. Avec le R.B. 162, Rolls-Royce avait déjà atteint un rapport poussée/poids de 16, grâce au recours à des composites fibres de verre-résine pour l'entrée d'air, le carter et les aubes de stator de compresseur notamment. Quant à l'encombrement, il était déjà réduit, puisque la hauteur ne dépassait pas 1,32 m pour un diamètre de 0,66 m.

Mais une troisième génération de ces réacteurs de sustentation commence à apparaître, avec le J 99 étudié en collaboration entre Rolls-Royce et la firme américaine Allison. Ce moteur, dont les essais sont en cours, présente un rapport poussée/poids de 20, pour une poussée de 4 500 kg, et le rapport entre la poussée et le volume occupé sera deux fois plus élevé que sur les moteurs de la génération précédente.

En dehors de son utilisation spécifique comme moteur de sustentation, le R.B. 162 pourra, quant à lui, être monté comme moteur d'appoint sur la deuxième version du moyen courrier Hawker-Siddeley Trident, le 3 B ; la



Dans la catégorie des réacteurs de sustentation, les travaux portent toujours sur la réduction du rapport poids-poussée et de l'encombrement. Dans ses versions les plus évoluées, le Rolls-Royce RB-162, ci-dessus, atteint un rapport poussée-poids de 16. Le RB-162 équipe de nombreux appareils VTOL/STOL expérimentaux.

poussée qu'il développera sera de 2 400 kg. Pour être complet, ajoutons que les moteurs à tuyères orientables développés également par Rolls-Royce, et qui servent à la fois à la propulsion et à la sustentation, poursuivent leur développement. Le dernier en date, le R.B. 193, réalisé en collaboration avec la firme allemande MAN, est de la classe des 4 500 kg de poussée. Quant au Pegasus, qui équipe le Hawker-Siddeley Harrier, sa poussée a été portée à 8 710 kg.

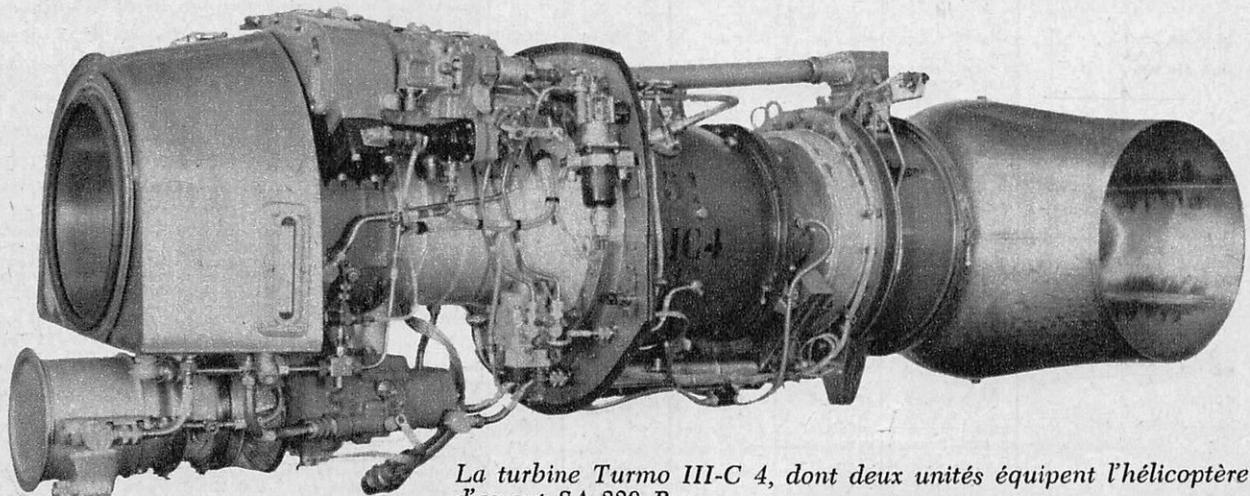
La gamme des moteurs de sustentation est, on le voit, très large, et l'on peut s'étonner du faible nombre d'appareils à décollage et atterrissage verticaux ou courts auxquels il a été jusqu'à présent donné naissance.

Jacques LACHNITT

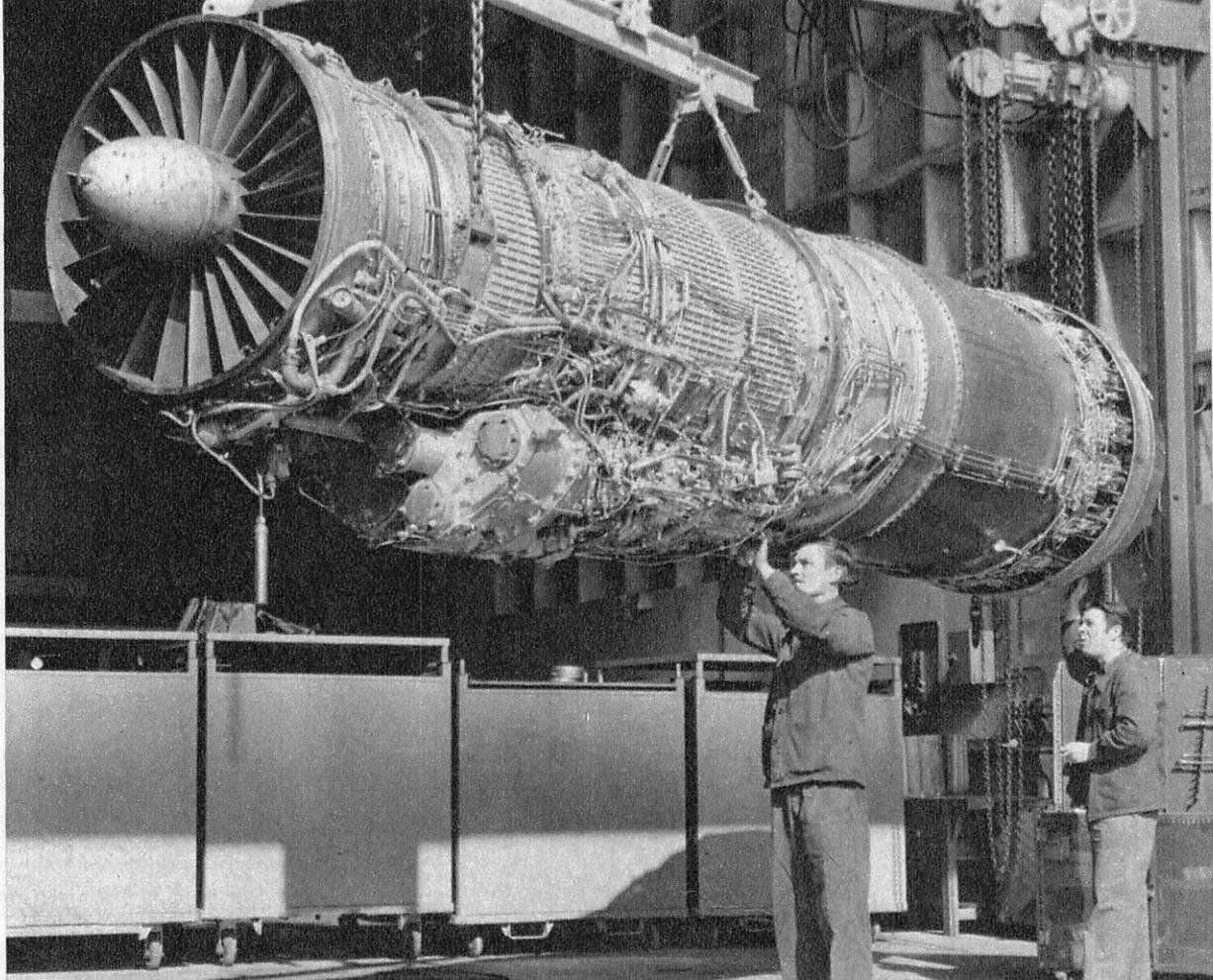
Turboréacteurs et turbopropulseurs

Constructeur et type	Comresseur	Chambre de combustion	Turbine	Poussée (kg) ou puissance (ch) maximum	Poids (kg)	Observations
ALLEMAGNE FÉDÉRALE						
DAIMLER-BENZ						
DB 720	axial 4 étages + centrifuge 1 étage	annulaire	2 + 1 étages	1 330 ch	220	Turbine à gaz pour avions et hélicoptères. Version turboréacteur double-flux DB 730.
DB 721	axial 8 étages	annulaire	2 + 1 étages	2 200 ch	250	Turbine à gaz avec version turbopropulseur.
MAN						
Turbo 6012	radial 1 étage	annulaire	1 étage	90 ch	46	Turbine à gaz pour avions légers et hélicoptères. Version F 2 turboréacteur, poussée 55 kg.
Turbo 6022	radial 2 étages	tubulaire	3 étages	375 ch	85	Turbine à gaz. Équipe l'hélicoptère Boelkow BO 105.
CANADA						
UNITED AIRCRAFT OF CANADA						
PT 6/T 74	axial 3 étages + centrifuge 1 étage	annulaire	1 + 1 étages	650 ch	130	Turbine à gaz avec version turbopropulseur. En version turbine équipe les hélicoptères Lockheed XH-51 A et Model 286. En version turbopropulseur, équipe les De Havilland Turbo-Beaver et Twin-Otter, le PAR Bandeirante.
JT15 D	axial 1 étage + centrifuge 1 étage	annulaire	1 + 2 étages	1 000 kg	225	Turboréacteur léger double-flux.
ÉGYPTE						
GENERAL AERO ORGANISATION						
E-300	axial 9 étages	annulaire avec 10 « cans »	2 étages	4 800 kg	860	Turboréacteur avec postcombustion destiné au chasseur Helwan HA-300. Versions civiles en projet avec double-flux.
ÉTATS-UNIS						
AIRESEARCH						
TPE 331	centrifuge 2 étages	annulaire	3 étages	605 ch	155	Turbopropulseur. Versions à 705, 755 et 895 ch. Équipe le Mitsubishi M U-2, le Pilatus Turbo-Porter, le Short Skyvan 3. La version militaire T 76 de 755 ch équipe le North American Bronco.
ALLISON						
T 56	axial 14 étages	annulaire 6 « cans »	4 étages	4 910 ch	850	Turbopropulseur. Équipe les Lockheed C-130 Hercules et 185 Orion. Versions civiles Model 501-D 13 (3 750 ch) et D 22 (4 680 ch).
T 63	axial 6 étages + centrifuge 1 étage	1 chambre	2 + 3 étages	317 ch	63	Turbine à gaz légère pour hélicoptères. Équipe le Hughes OH-6A, le Fairchild Hiller FH-1100, le Bell Jet Ranger (version civile Model 250).
AVCO LYCOMING						
T 53	axial 5 étages + centrifuge 1 étage	annulaire	2 + 2 étages	1 400 ch	240	Turbine à gaz fabriquée aussi en Allemagne (Kloeckner), en Italie (Piaggio) et au Japon (Kawasaki). Équipe les hélicoptères Bell UH-1 Iroquois et AH-1 Huey Cobra. Version turbopropulseur sur le Grumman OV-1 Mohawk. Version en projet pour 1 800 ch.
T 55	axial 7 étages + centrifuge 1 étage	annulaire	2 + 2 étages	3 750 ch	305	Turbine à gaz dérivée du T 53. Équipe l'hélicoptère Boeing CH-47 Chinook. Existe en version turbopropulseur. Versions en projet pour 5 000 et 6 000 ch.
PLFI CONTINENTAL						
217 A-2A	axial 2 étages + centrifuge 1 étage	annulaire	2 + 1 étages	2 380 kg	460	Turboréacteur double-flux en préparation, dérivé du T 55.
TS-325	axial 1 étage + centrifuge 1 étage	annulaire	2 + 1 étages	800 ch	250	Turbine à gaz composée de deux unités aux caractéristiques indiquées couplées sur un même réducteur.
GENERAL ELECTRIC						
J 79	axial 17 étages	annulaire 10 « cans »	3 étages	7 165 kg	1 615	Turboréacteur de Mach 2 à stator de compresseur variable et à postcombustion, construit aussi au Canada (Orenda), au Japon (Ishikawajima), en Allemagne (MAN), en Italie (Fiat), en Belgique (FN). Versions jusqu'à 8 120 kg de poussée. Équipe les Lockheed F, 104, McDonnell Phantom II et North American Vigilante.
J 85	axial 8 étages	annulaire	2 étages	1 240 kg	270	Turboréacteur léger fabriqué aussi en Italie (Alfa Romeo) et au Canada (Orenda). Versions avec postcombustion jusqu'à 1 950 kg. Équipe le Northrop F-5, le Fiat G 91 Y, le Saab 105 (XT), le Cessna A-37. En version spéciale pour fonctionnement vertical, équipe le Lockheed XV-4 B Hummingbird II. Version civile CJ 610 pour le Jet Commander, le Learjet et le HFB 320 Hansa.
CF-700-2C	axial 8 étages	annulaire	2 étages	1 895 kg	330	Turboréacteur double-flux. Équipe le Fan Jet Falcon (version américaine du Dassault Mystère 20). Version 2 D de 1 930 kg de poussée. Version militaire TF-37.
YJ 93	axial		2 étages	13 600 kg		Turboréacteur de Mach 3 à stator de compresseur variable et à postcombustion. Équipe l'avion expérimental North American B-70 Valkyrie.
GE 1						Famille de turboréacteurs susceptibles d'adaptations multiples par adjonction à un générateur de gaz de base de postcombustion, double-flux, tuyère pivotante suivant l'application désirée: GE 1/6, GE 1/10, GE 1/11.
TF 39	axial 16 étages	annulaire	2 + 6 étages	18 650 kg	3 190	Turboréacteur double-flux à stator de compresseur variable dérivé par extrapolation du GE 1/6. Équipe le transport lourd Lockheed C-5A Galaxy.
TF 34		annulaire		4 080 kg		Turboréacteur double-flux à stator de compresseur variable étudié pour le programme VSX d'avion de lutte anti-sous-marine.
CF 6	axial 16 étages	annulaire	2 + 5 étages	17 920 kg	3 335	Turboréacteur dérivé du TF 39. Équipera le McDonnell Douglas DC-10.
GE 4	axial 9 étages	annulaire	2 étages	30 400 kg	5 000	Turboréacteur destiné à l'avion de ligne supersonique américain. Stator de compresseur variable et postcombustion.
T 58	axial 10 étages	annulaire	2 + 1 étages	1 400 ch	160	Turbine à gaz pour hélicoptères dont peut dériver un turbopropulseur pour avion léger. Fabriqué aussi en Grande-Bretagne (Rolls-Royce Gnome), en Allemagne et au Japon. Versions diverses équipant les Sikorsky CH-3, HH-3 et SH-3 Sea King, Bell UH-1 Iroquois et X-22 A (propulseurs basculants), Boeing-Vertol CH-46 Sea Knight, Kaman UH-2 Seasprite. Version en préparation avec turbine de puissance à 2 étages, 1 870 ch. Version civile CT-58 équipant le Boeing-Vertol 107 et les Sikorsky S-61 et S-62.
T 64	axial 14 étages	annulaire	2 + 2 étages	2 850 ch	530	Turbine à gaz légère avec version turbopropulseur, fabriquée aussi en Grande-Bretagne (Rolls-Royce). Versions diverses équipant les Sikorsky HH-53 et CH-53 Sea Stallion, Lockheed AH-56 Cheyenne, De Havilland-Canada Buffalo, Kawasaki P-2J et Fiat G 222.

Constructeur et type	Compresseur	Chambre de combustion	Turbine	Poussée (kg) ou puissance (ch) maximum	Poids (kg)	Observations
PRATT & WHITNEY						
J 52	axial 12 étages (au total)	annulaire avec « cans »	1 × 1 étages	4 220 kg	960	Turboréacteur. Équipe les Grumman A-6 Intruder et McDonnell Douglas A-4 Skyhawk.
J 57	axial 9 étages b.p. + 7 étages h.p.	annulaire 8 « cans »	1 + 2 étages	6 125 kg	2 000	Turboréacteur. La version civile JT3C équipe les premiers Boeing 707-120, le Douglas DC-8 Series 10, le Lockheed C-141 Starlifter. Version JT3D à double-flux en réalisations diverses donnant jusqu'à 9 525 kg.
J 58				13 600 kg		Turboréacteur pour Mach 3 et très hautes altitudes avec postcombustion. Équipe le Lockheed A-11.
J 60	axial 9 étages	annulaire avec « cans »	2 étages	1 500 kg	215	Turboréacteur. Version civile JT12. Équipe le Lockheed Jet Star et le North-American Sabreliner.
J 75	axial 8 étages b.p. + 7 étages h.p.	annulaire 8 « cans »	1 + 2 étages	12 000 kg	2 700	Turboréacteur avec postcombustion. Équipe les Republic F-105 Thunderchief et Convair F 106. Version civile JT4 de 7 900 kg de poussée sur Boeing 707 et Douglas DC-8 intercontinentaux.
JT 8 D	axial 4 étages b.p. + 7 étages h.p.	annulaire 9 « cans »	1 + 3 étages	6 575 kg	1 450	Turboréacteur double-flux. Équipe plusieurs versions des Boeing 727 et 737 et Douglas DC-9. Version militaire avec postcombustion fabriquée en Suède (Svenska Flygmotor) pour le Saab 37 Viggen.
JTF 10 A				9 070 kg		Turboréacteur double-flux avec postcombustion. Équipe le General Dynamics F-111 à géométrie variable. Version simplifiée sans postcombustion donnant 5 500 kg de poussée, équipée le LTV A-7 Corsair II. Une version avec postcombustion est fabriquée en France (SNECMA) pour les Mirage F 2 et G à géométrie variable.
JT 9 D	axial 3 étages b.p. + 11 étages h.p.	annulaire	2 + 4 étages	20 200 kg	3 825	Turboréacteur double-flux. Équipe le Boeing 747. Versions futures prévues jusqu'à 25 000 kg de poussée.
JTF 16				4 535 kg		Turboréacteur double-flux à postcombustion en cours de développement.
JFTD 12	axial 9 étages	annulaire avec « cans »	2 + 2 étages	4 050 ch	400	Turbine à gaz. Équipe le Sikorsky S-64 Skycrane. Version poussée à 4 500 ch pour le Sikorsky CH-54 A.
ST 9	centrifuge 2 étages			1 500 ch	135	Turbopropulseur à l'étude pour hélicoptères et avions V/STOL.
FRANCE						
SNECMA						
Atar 09	axial 9 étages	annulaire	2 étages	6 700 kg	1 485	Turboréacteur avec postcombustion dont certaines versions sont fabriquées aussi en Suisse et en Australie. Équipe les Dassault Mirage III. Version 9 K 50 de 7 200 kg de poussée pour les Mirage IV, F-1 et G-4.
M 53		annulaire		9 000 kg		Réacteur pour Mach 2,5 de technologie avancée avec postcombustion interchangeable avec le 9 K 50.
TF-306	axial 15 étages	annulaire 8 « cans »	2 + 2 étages	9 300 kg	1 760	Turboréacteur double-flux à postcombustion dérivé du Pratt et Whitney TF 30 (JTF 10). Équipe le Dassault Mirage G à géométrie variable.
M 49 Larzac	axial 2 étages b.p. + 4 étages h.p.	annulaire	1 + 1 étages	1 045 kg	260	Turboréacteur double-flux léger réalisé en collaboration avec Turbomeca pour avions d'affaires, de liaison et d'entraînement.
TURBOMECA						
Marboré VI	centrifuge 1 étage	annulaire	1 étage	480 kg	140	Turboréacteur construit aussi aux États-Unis (Continental) et en Espagne (ENMA).
Aubisque	axial 1 étage + centrifuge 1 étage	annulaire	2 étages	740 kg	290	Turboréacteur léger double-flux
Artouste II C	centrifuge 1 étage	annulaire	2 étages	520 ch	143	Turbine à gaz construite aussi en Grande-Bretagne (Rolls-Royce). Équipe l'hélicoptère Alouette II.
Artouste III B	axial 1 étage + centrifuge 1 étage	annulaire	3 étages	585 ch	130	Turbine à gaz dérivée de la précédente, construite aussi en Inde (Hindustan). Équipe l'hélicoptère Alouette III.
Astazou II	axial 1 étage + centrifuge 1 étage	annulaire	3 étages	525 ch	122	Turbine à gaz construite aussi en Grande-Bretagne (Rolls-Royce). Équipe les hélicoptères Alouette Astazou et Sud Aviation 342. Version turbopropulseur. Version Astazou XII turbopropulseur avec 2 étages axiaux de compresseur, 740 ch, équipée le Short Skyvan et le Potez 842. Version Astazou XIV turbopropulseur, 920 ch, équipée le Handley Page Jetstream et le Dassault Hirondelle.
Bastan VI C	axial 1 étage + centrifuge 1 étage	annulaire	3 étages	1 065 ch	212	Turbopropulseur. Équipe le Nord 262 et le DINFIA Guarani II. Version VII A de 1 35 ch.
Turmo III	axial 1 étage + centrifuge 1 étage	annulaire	2 + 2 étages	1 480 ch	220	Turbine à gaz. Équipe l'hélicoptère Sud-Aviation Super-Frelon et SA 330 (Turmo III C fabriqué aussi par Rolls-Royce). Version turbopropulseur de 1 210 et 1 430 ch.
Orédon IV	axial 2 étages + centrifuge 1 étage	annulaire	3 étages	420 ch	60	Turbine à gaz légère pour hélicoptères, réalisée en collaboration avec Rolls-Royce.
Adour	axial 2 étages b.p. + 5 étages h.p.	annulaire	1 + 1 étages	2 000 kg		Turboréacteur double-flux réalisé en coopération avec Rolls-Royce, destiné au programme Jaguar. Poussée 3 000 kg avec postcombustion.



La turbine Turmo III-C 4, dont deux unités équipent l'hélicoptère d'assaut SA-330 Puma.



Dérivé du TF-30 de Pratt et Whitney, le SNECMA TF-306 est monté sur le Mirage G prototype.

Constructeur et type	Compresseur	Chambre de combustion	Turbine	Poussée (kg) ou puissance (ch) maximum	Poids (kg)	Observations
GRANDE-BRETAGNE						
ALVIS Rover TJ-125	centrifuge 1 étage	annulaire	1 étage	57 kg	17,7	Turboréacteur léger pour avion sans pilote. Équipe l'appareil de surveillance MBLE Épervier.
Rover 18/60 Rover 28/15 A	axial 1 étage centrifuge 1 étage	annulaire	1 étage 1 + 1 étages	60 ch 103 ch	65 73	Turbine à gaz pour auxiliaires. Version 18/90, turbopropulseur. Version pour auxiliaires d'une turbine à gaz industrielle.
ROLLS-ROYCE Avon RA-28	axial 15 étages	annulaire 8 « cans »	2 étages	4 600 kg	1 300	Turboréacteur pour appareils militaires, construit aussi en Belgique (F.N.) et en Suède (Svenska Flygmotor). Équipe le BAC Lightning. Version dérivée RB-146 de 5 760 kg de poussée (7 760 kg avec postcombustion) pour les dernières versions du BAC Lightning et le Saab 35 Draken.
Avon RA-29/3	axial 16 étages	annulaire	3 étages	5 170 kg	1 518	Version civile du précédent; équipe la Caravelle III. La version RA-29/6 de 5 725 kg de poussée équipe la Caravelle VI-N.
Spey Mk 505	axial 4 étages b.p. + 12 étages h.p.	annulaire 8 « cans » annulaire 10 « cans »	2 + 2 étages	4 470 kg	1 000	Turboréacteur double-flux. Versions à 5 étages de compression basse-pression Mk 510 (4 990 kg de poussée), Mk 511 (5 170 kg), Mk 512 (5 440 kg). Équipe le Hawker Siddeley Trident, le BAC One-Eleven et le Grumman Gulfstream II. Version militaire RB-168 pour le Hawker Siddeley Buccaneer et pour le Hawker-Siddeley Nimrod, et avec postcombustion pour le McDonnell Phantom. Version T F 41-A (poussée 6 460 kg) réalisée avec Allison pour le LTV Corsair II.
Spey Junior	axial 4 étages b.p. + 12 étages h.p.	annulaire « 10 cans »	2 + 2 étages	4 470 kg	1 000	Turboréacteur. Version simplifiée du précédent. Équipe le Fokker F-28 Fellowship.
Conway RCo 42	axial 7 étages b.p. + 9 étages h.p.	annulaire 10 « cans »	1 + 2 étages	9 240 kg	2 270	Turboréacteur double-flux. Équipe le BAC VC-10. Version poussée RCo-43 de 9 900 kg de poussée pour le Super VC-10. Autres versions pour Boeing 707 et Douglas DC-8. Version militaire RCo-II de 7 830 kg de poussée pour le Handley-Page Victor.
Trent	axial 1 étage b.p. + 4 étages p. int. + 5 étages h. p.	annulaire	2 + 1 + 1 étages	4 415 kg	800	Turboréacteur double-flux de technologie avancée.
RB 108	axial 8 étages	annulaire	2 étages	1 060 kg	125	Turboréacteur léger pour sustentation d'appareils à décollage vertical.
RB 145	axial 9 étages	annulaire	2 étages	1 250 kg	210	Turboréacteur léger dérivé du précédent. Développe 1 655 kg de poussée avec postcombustion.
RB 153	axial 4 étages b. p. + 12 étages h. p.	annulaire avec « cans »	2 + 2 étages		650	Turboréacteur double-flux étudié en collaboration avec MAN (Allemagne Fédérale) pour appareils à décollage vertical. Est équipé de postcombustion.
RB 162	axial 6 étages	annulaire	1 étage	2 150 kg	125	Turboréacteur ultraléger pour appareils européens à décollage vertical tels que Mirage III-V, VAK 191 B, Dornier 31.
XJ-99				4 500 kg		Turboréacteur de technologie avancée pour chasseurs V/STOL, étudié en collaboration avec Allison.

Constructeur et type	Comresseur	Chambre de combustion	Turbine	Poussée (kg) ou puissance (ch) maximum	Poids (kg)	Observations
RB 193						
RB 207	axial 1 étage b. p. + 7 étages pr. int. + 6 étages h. p.	annulaire	1 + 1 + 3 étages	4 600 kg 24 500 kg	900 4 450	Turboréacteur double-flux étudié en collaboration avec MAN pour le chasseur VFW/Fiat VAK 191 B. Tuyères orientables. Turboréacteur double-flux de technologie avancée et étudié en collaboration avec SNECMA et MAN.
RB 211	axial 1 étage b. p. + 7 étages pt. int. + 6 étages h. p.	annulaire	1 + 1 + 3 étages	18 500 kg	3 750	Turboréacteur double flux semblable au précédent destiné à l'Airbus Lockheed L 1011, dont la poussée sera progressivement portée jusqu'à 22 500 kg.
Gazelle Dart RDa 8	axial 11 étages centrifuge 2 étages	6 chambres 7 chambres	2 + 1 étages 3 étages	1 600 ch 2 690 ch	420 560	Turbine à gaz pour hélicoptères. Équipe le Westland Wessex. Turbopropulseur. Nombreuses versions de 1 485 à 3 245 ch. Équipe Fokker Friendship, Fairchild Hiller 227, Hawker Siddeley 748, Handley Page Herald, Grumman Gulfstream, NAMC YS-11. Turbopropulseur. Équipe Short Belfast, Breguet Atlantic, Transall C-160. Fabriqué aussi en France (Hispano), Allemagne (MAN) et Belgique (FN).
Tyne RTy-20	axial 6 étages b. p. + 9 étages h. p.	annulaire 10 « cans »	1 + 3 étages	4 600 ch	1 085	Turboréacteur. Équipe le Hawker Siddeley 125, le Piaggio-Douglas 808, le BAC 167, l'Aermacchi 326 et le Soko Jastreb. Version 600 avec turbine à deux étages, poussée 1 700 kg.
Viper 500	axial 8 étages	annulaire	1 étage	1 550 kg	355	Turboréacteur. En diverses versions équipe le Hawker Siddeley Gnat, le Hindustan HF-24 et le Fiat G 91. Construit aussi en Inde (Hindustan), en Italie (Fiat) et en Allemagne (Klockner).
Orpheus 800	axial 7 étages	annulaire 7 « cans »	1 étage	2 200 kg	400	Turboréacteur. Version 301 de 9 070 kg de poussée.
Olympus 201	axial 5 étages b. p. + 7 étages h. p.	annulaire 8 « cans »	1 + 1 étages	7 710 kg	1 725	Turboréacteur double-corps avec postcombustion réalisé en collaboration avec la SNECMA. Équipe le long-courrier supersonique franco-britannique Concorde.
Olympus 593	axial 7 étages b. p. + 7 étages h. p.	annulaire 8 « cans »	1 + 1 étages	16 700 kg		Turboréacteur double-flux à tuyères pivotantes pour avions à décollage vertical. Équipe le Hawker Siddeley P 1127. Version Pegasus 6 pour le Hawker Siddeley Harrier, poussée 8 700 kg.
Pegasus 5	axial 3 étages b. p. + 8 étages h. p.	annulaire	2 + 1 étages	7 030 kg	1 260	Turboréacteur double-flux réalisé en collaboration avec la SNECMA. La version M-45 H est destinée au Vereinigte Flugtechnische Werke 614.
M-45	axial 5 étages b. p. + 7 étages h. p.	annulaire	1 + 3 étages	3 500 kg	650	Turboréacteur.
RS-360	axial 4 étages b. p. + centrifuge 1 étage h. p.	annulaire	1 + 1 + 2 étages	900 ch	172	Turbine à gaz pour hélicoptère. Equipera le Westland W G 13
T-112	axial 1 étage + centrifuge 1 étage	annulaire	2 étages	142 ch	35	Turbine à gaz légère pour auxiliaires réalisée en collaboration avec Kloeckner-Humboldt-Deutz (Allemagne Fédérale).
INDE						
HINDUSTAN HJE-2 500	axial 7 étages	annulaire avec « cans »	1 étage	1 135 kg	265	Turboréacteur léger en cours de développement.
JAPON						
ISHIKAWAJIMA J3-7 JR-100	axial 8 étages axial 6 étages	annulaire annulaire	1 étage 1 étage	1 400 kg 1 430 kg	370 145	Turboréacteur. Turboréacteur expérimental pour appareils à décollage court ou vertical. Versions poussées JR-200 (poids 127 kg, poussée 2 080 kg) et JR-300.
POLOGNE						
O K L SO-1	axial 7 étages	annulaire	1 étage	1 000 kg	300	Turboréacteur léger.
TCHÉCOSLOVAQUIE						
OMNIPOL M-701	centrifuge 1 étage	7 chambres	1 étage	800 kg	350	Turboréacteur léger.
U.R.S.S						
IVCHENKO AI-20	axial 10 étages	annulaire 10 « cans »	3 étages	4 000 ch	1 100	Turbopropulseur. Équipe Antonov An-10 et An-12, Ilyoushin Il-18, Beriev M-12. Version AI-20M de 4 200 ch.
AI-24	axial 10 étages	annulaire	3 étages	2 550 ch	600	Turbopropulseur. Équipe Antonov An-24.
AI-25	axial 3 étages b. p. + 8 étages h. p.	annulaire	1 + 2 étages	1 500 kg	350	Turboréacteur double-flux. Équipe le Yakovlev Yak-40.
ISOTOV 350	axial 7 étages + centrifuge 1 étage		1 + 2 étages	400 ch	135	Turbine à gaz pour hélicoptères. Équipe le Mil Mi-8.
KUZNETSOV NK-8	axial 2 étages b. p. + 6 étages h. p.		1 + 2 étages	10 500 kg	2 200	Turboréacteur double-flux. Équipe Ilyoushin Il-62 et Tupolev Tu-154.
NK-144	axial 5 étages b. p. + 11 étages h. p.	annulaire	1 + 2 étages	17 500 kg	2 850	Turboréacteur double-flux avec postcombustion dérivé du précédent. Équipe le long-courrier supersonique Tupolev Tu-144.
NK-12 M	axial 14 étages	annulaire avec « cans »	5 étages	15 000 ch	2 300	Turbopropulseur le plus puissant actuellement en service dans le monde. Équipe les Tupolev Tu-114, Tu-20 et Antonov An-22.
MIKULIN RD-3 M-500	axial 8 étages	annulaire 14 « cans »	2 étages	9 500 kg		Turboréacteur. Équipe le Tupolev Tu-104.
SOLOVIEV D-20	axial 3 étages b. p. + 8 étages h. p.	annulaire 12 « cans »	1 + 2 étages	5 400 kg	1 450	Turboréacteur double-flux. Équipe le Tupolev Tu-124.
D-25	axial 9 étages	annulaire 12 « cans »	1 + 2 étages	5 500 ch	1 200	Turbine à gaz. Équipe les hélicoptères Mil Mi-6, Mi-10 et Mi-10K.
D-30	axial 4 étages b. p. + 10 étages h. p.	annulaire 12 « cans »	2 + 2 étages	6 800 kg	1 500	Turboréacteur double-flux. Équipe le Tupolev Tu-134.
D-30K	axial 3 étages b. p. + 11 étages h. p.	annulaire 12 « cans »	2 + 4 étages	11 500 kg	2 150	Turboréacteur double-flux.

Lors de la naissance du transport aérien, les aéroports qui n'étaient encore que des « aérodromes », étaient des éléments peu importants, d'une grande simplicité et d'un coût fort modeste, dont l'Etat se chargeait volontiers, car l'intérêt qu'on pouvait y attacher était plutôt d'ordre militaire. Dans les années qui précédèrent la deuxième guerre mondiale, la situation évolua assez rapidement. Aux progrès des transports aériens correspondirent des exigences accrues, et les aérodromes devinrent des « aéroports ».

La paix revenue, le transport aérien affirma ses extraordinaires possibilités en franchissant les océans avec une remarquable sécurité. Il devenait une activité industrielle et, du même coup, les aéroports allaient poser des problèmes de plus en plus sérieux, de plus en plus complexes, dépassant de loin le seul fait de recevoir des avions et de les faire décoller.

A l'heure actuelle, l'évolution est telle que le trafic mondial des passagers sur les lignes régulières semble devoir tripler d'ici 1975 et quadrupler d'ici 1980. Ces prévisions établies par rapport aux chiffres de 1965 signifient que l'on s'attend à enregistrer 580 millions de passagers en 1975 et 770 millions en 1980.

Les vingt-cinq aéroports mondiaux les plus importants auront alors à acheminer de trois à cinq fois plus de passagers en 1975 et de quatre à huit fois plus en 1980 que pendant l'année de référence 1965. Au moins huit d'entre eux achemineront 20 millions de passagers par an en 1980, alors que quatre autres verront leur trafic porté à 45 millions de passagers.

Photos et documents Aéroport de Paris

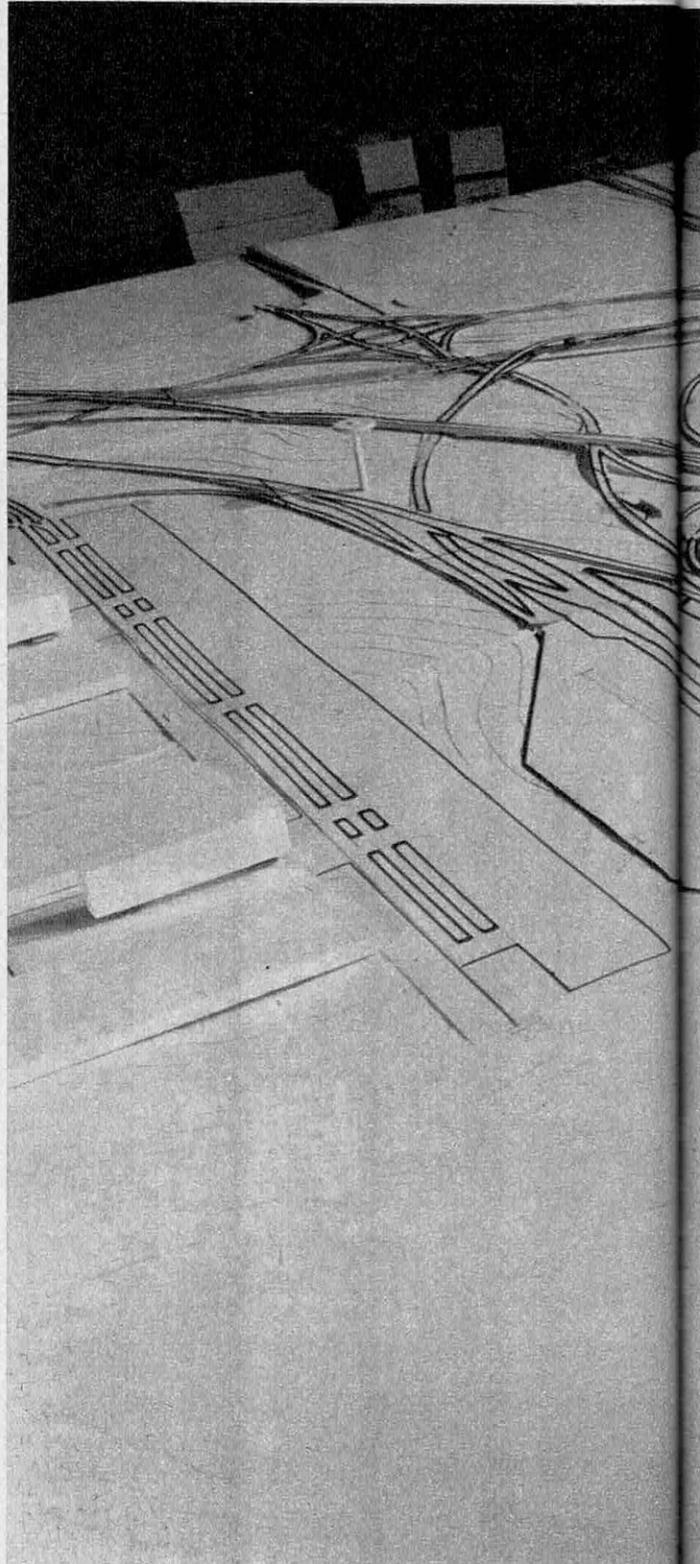
Cette vue partielle de la maquette de Paris-Nord donne une idée de l'ampleur de l'entreprise.

Au stade terminal, Paris-Nord occupera 3 000 hectares sur le plateau de Roissy.

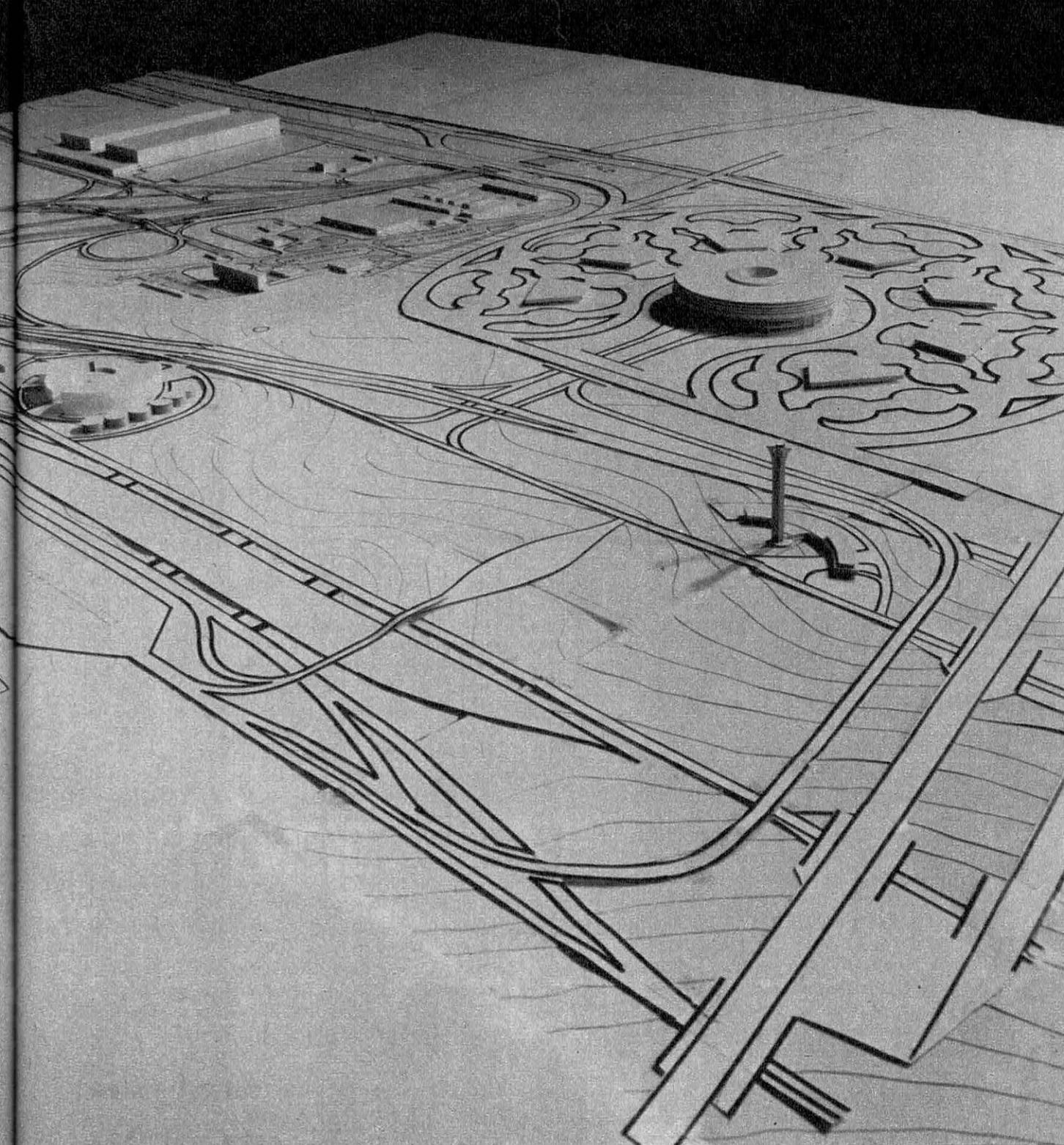
Il y aura alors cinq aérogares circulaires identiques à celle occupant le fond de la photo, à droite.

Les structures entourant l'aérogare représentent les « docks » près desquels se rangeront les avions.

Ces bâtiments d'embarquement seront reliés par passages souterrains avec l'aérogare.



ROISSY-EN-FRANCE,



RÉALITÉ DE DEMAIN

Vers la saturation d'Orly et du Bourget

Au cours de l'année dernière, malgré les événements de mai et juin, l'Aéroport de Paris a enregistré, à Orly et au Bourget, 216 572 mouvements d'avions, 8 584 680 passagers, 173 576 tonnes de fret.

Ces chiffres lui valent d'être classé au second rang en Europe, derrière Londres, pour le trafic de passagers, et au troisième, derrière Londres et Francfort, pour le fret.

Les prévisions de l'Aéroport de Paris sont les suivantes :

Passagers	Fret	Mouvements d'avions commerciaux
1970 13 à 14 millions (dont 3 millions « domestiques »)	240 000 t	245 000
1972 17 à 18 millions (dont 4 millions « domestiques »)	350 000 t	290 000
1975 24 à 25 millions (dont 6 millions « domestiques »)	600 000 t	360 000

Aucune autre activité économique ne connaît un développement aussi rapide (15 % environ par an pour le trafic passagers et plus de 20 % pour celui du fret). Les capacités maximales d'Orly et du Bourget seront atteintes vers 1972-73, même avec une aérogare d'Orly convenablement aménagée et dotée d'une « sœur » dont la mise en service est prévue pour 1971.

C'est pourquoi il sera indispensable de mettre en service à cette époque un nouvel aéroport dans la région parisienne. D'autant plus que la croissance du trafic s'accompagne de la mise en service d'avions nouveaux, dont les premiers, les Boeing 747, sont attendus à Orly pour le mois de décembre prochain.

Pourquoi Roissy-en-France ?

Si le site d'un aéroport doit être choisi de telle sorte que, sans gêner la ville qu'il des-

sert, il en soit cependant situé aussi près que possible, il faut encore que ce site convienne au trafic aérien, les contraintes dans ce domaine étant nombreuses.

Pour des raisons historiques — en raison, notamment, du chemin traditionnel des invasions militaires — Paris s'est beaucoup moins développé vers le Nord-Est que dans les autres directions. De vastes terrains agricoles existent ainsi à une vingtaine de kilomètres de Notre-Dame, au-delà du Bourget, dans une région peu accidentée et très peu bâtie : la plaine dite de la « vieille France ». Cette plaine est en fait un plateau qui forme la ligne de partage des eaux entre la Seine à l'Ouest et la Marne au Sud-Est, et dont l'altitude s'élève de 90 à 115 mètres au-dessus de la mer lorsque l'on va du Sud au Nord.

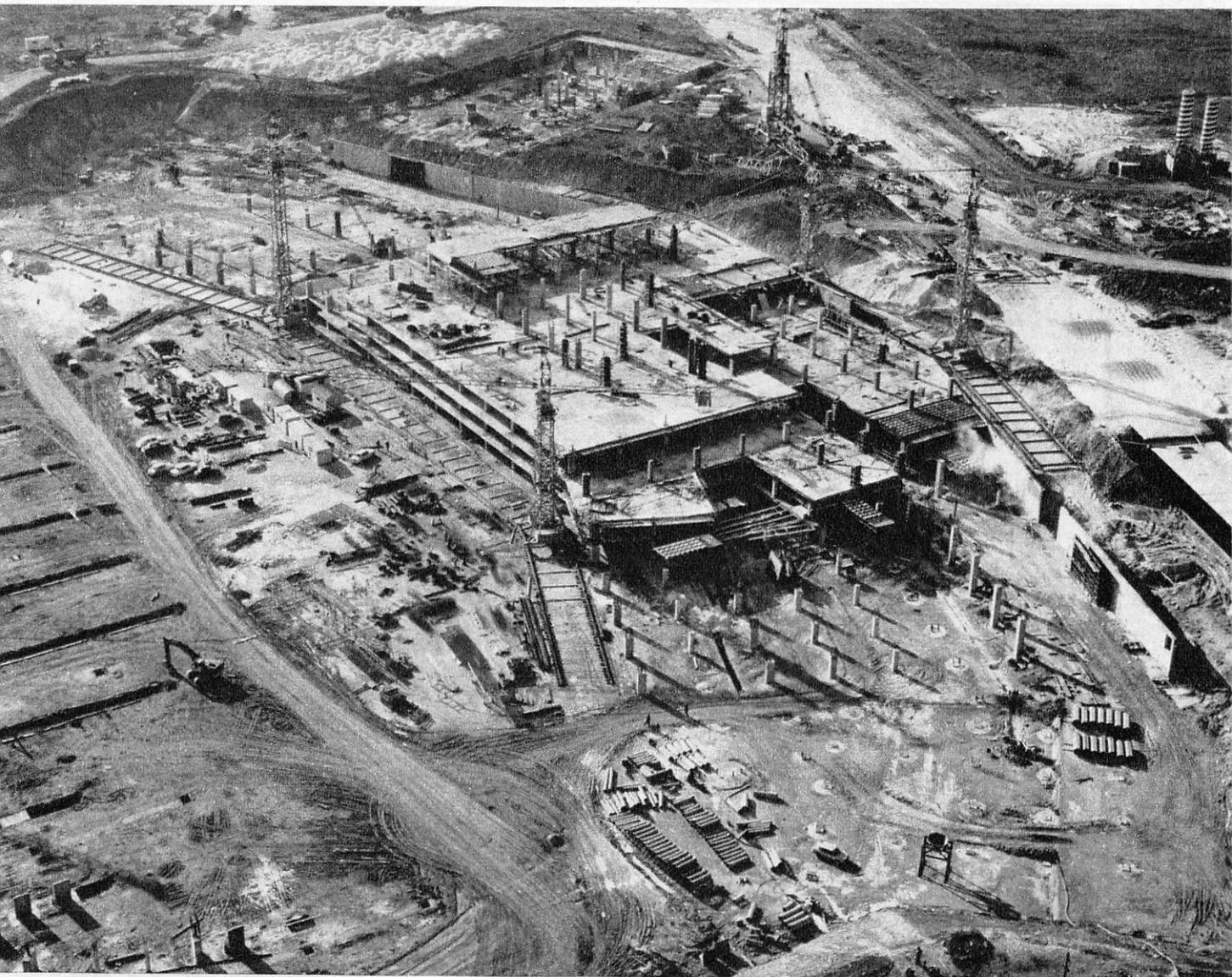
C'est là, dans l'angle formé par les deux voies ferrées de Paris à Soissons et de Paris à Amiens, à 10 km au Nord-Est du Bourget, qu'on a pu trouver les 3 000 hectares nécessaires, représentant le tiers de la superficie de Paris *intra-muros*, le double de celle d'Orly.

Le site qui fut retenu constitue naturellement une solution de compromis entre des exigences souvent contradictoires, si bien qu'il ne peut être qualifié de parfait, tout en étant excellent. Tous les autres emplacements qui pouvaient être envisagés dans la région parisienne étaient soit trop éloignés — au moins 50 km de Paris — soit incompatibles avec telle ou telle des conditions à remplir.

Le choix de Roissy-en-France a résulté d'études commencées dès 1957, poursuivies en collaboration entre l'Aéroport de Paris et les services du District, car, bien entendu, il a fallu procéder à des ajustements réciproques des projets d'urbanisation de la région et du projet de l'aéroport nouveau. Le site proposé reçut l'agrément du Conseil Supérieur de l'Infrastructure et de la Navigation Aérienne le 24 janvier 1964. Le Ministre des Travaux Publics autorisa la construction par arrêté du 16 juin 1964.

Un site vierge, où tout est à créer

L'implantation d'un aéroport de l'importance de Roissy-en-France (3 000 hectares et 50 000 emplois) est une opération correspondant à la création d'une ville nouvelle. Si on ajoute que celle-ci doit se faire dans un site vierge, où tout est à créer, il ne reste plus, pour la réaliser dans les délais fixés, qu'à retrousser ses manches et à aller de l'avant...



Pour le service de cette nouvelle ville, des installations et des réseaux considérables sont nécessaires. Les précisions suivantes en donneront peut-être une idée :

— alimentation et distribution électrique : une puissance de plus de 30 000 kW sera probablement nécessaire au stade final, dont la plus grande partie devra pouvoir être supplémentaire en cas de défaillance du réseau national ;

— téléphone : un central automatique spécial à 30 000 lignes est prévu au stade final ; il bénéficiera des plus récents perfectionnements de la technique et constituera le plus grand central de communications d'Europe ;

— chauffage urbain et production de froid : 200 000 thermies/heure et 50 000 000 frigories/heure sont les puissances prévues au stade final ;

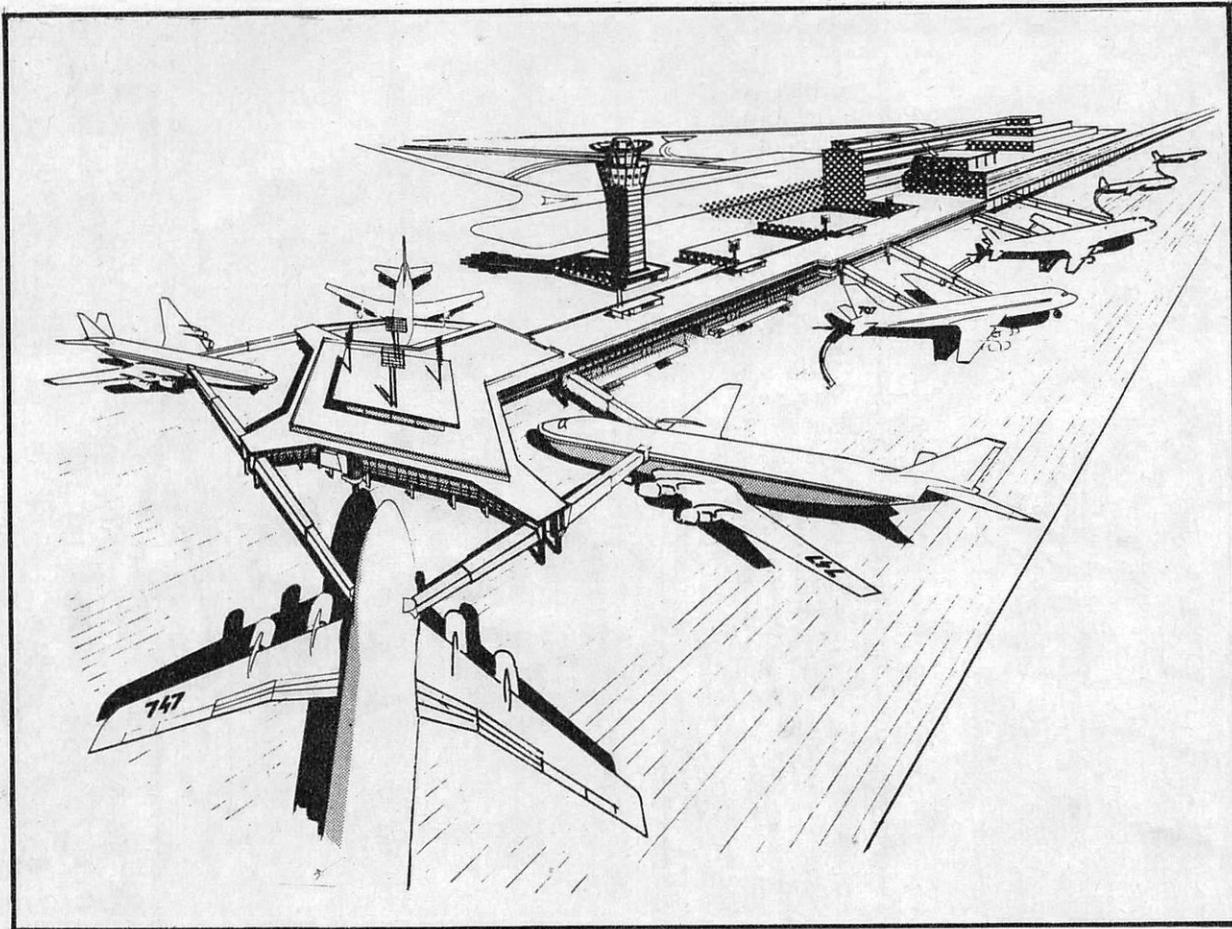
— alimentation et distribution d'eau : l'Aéroport de Paris participe à la réalisation

Sans attendre Paris-Nord, Orly-Ouest devrait pouvoir accueillir six millions de passagers par an. La mise en service est prévue pour 1971.

Totalement indépendante et adaptée au trafic français et européen, l'aérogare offrira 16 postes de stationnement d'avions. L'accès s'opérera de plain-pied entre le premier étage et la cabine de l'avion par passerelles télescopiques. Côté départ, les voitures auront accès à ce niveau.

d'une station de pompage dans la Marne, à Annet, qui alimentera également les cités nouvelles en cours d'édition dans les « ZUP » de Villeparisis, de Villepinte et Tremblay-les-Gonesse ;

— évacuation des eaux pluviales : l'importance des surfaces imperméabilisées conduit, pour éviter des canalisations énormes, à prévoir l'accumulation des eaux d'orages dans des bassins artificiels. Le principal sera situé dans le thalweg du Fond des Renar-



dières, à l'Est du terrain, d'où un collecteur de faible diamètre conduira les eaux à la Marne, via la Reneuse et la Beuvronne ;

— évacuation des eaux usées : elle se fera soit vers la station d'épuration d'Achères par un égout qui passera par Tremblay-les-Gonesse et Villepinte, soit vers une station d'épuration propre à l'aéroport ;

— évacuation des déchets : une station de traitement sera sans doute nécessaire ;

— alimentation en carburant : une antenne de l'oléoduc ceinturant Paris alimentera les dépôts de Roissy en carburéacteur et essence-avion (plus de deux millions de m³ par an seront consommés au stade final).

Lorsque ces problèmes auront été résolus et les réseaux créés, les bâtisseurs de Roissy n'en auront pas terminé pour autant. En effet, le développement escompté du trafic aérien conduit à prévoir pour le nouvel aéroport une capacité de l'ordre de 25 millions de passagers par an, ce qui, avec Orly, devra permettre de faire face au trafic jusque vers 1985.

Cela veut dire aussi qu'au stade final de son développement, Roissy engendrera un trafic routier de pointe, dans un sens, de plus de 9 000 véhicules par heure, suffisant pour saturer six pistes d'autoroute. Cette

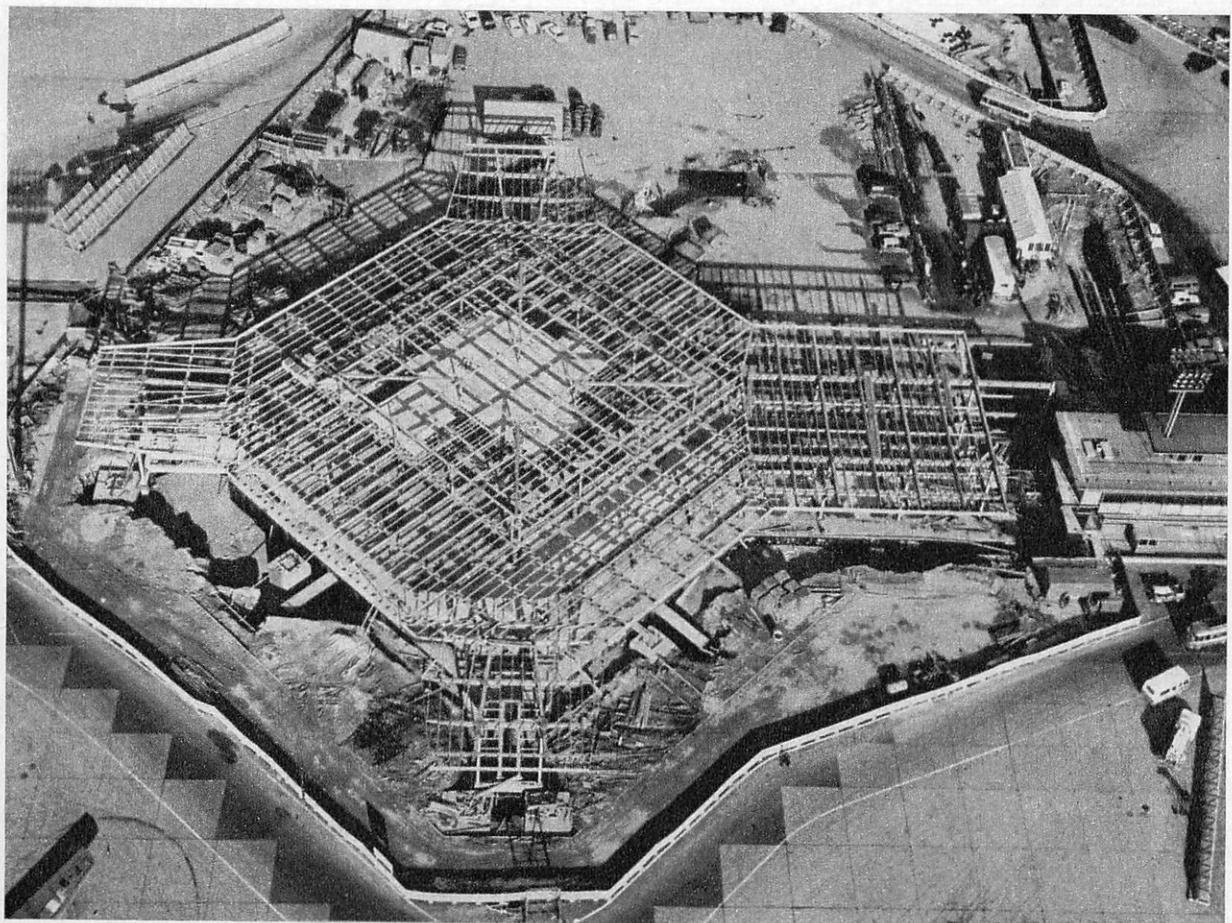
pointe sera d'ailleurs provoquée pour moitié par les véhicules du personnel travaillant sur l'aéroport, même en supposant un étalement des horaires de travail. Près de 20 000 places de parage pour le personnel sont d'ailleurs prévues, qui s'ajouteront aux 20 000 réservées aux passagers et aux visiteurs.

Le passager de Roissy sera-t-il privilégié ?

La zone passagers du futur aéroport comprendra cinq aérogares d'une capacité unitaire de 5 000 000 de passagers par an.

Il est encore trop tôt pour dire si le passager de demain sera privilégié par rapport à celui d'aujourd'hui ou si le parcours qu'il aura à effectuer de sa voiture à l'avion sera plus important. Tous les efforts de ceux qui conçoivent les aérogares visent, naturellement, à réduire ce parcours. Les solutions passées, celles que connaissent bien les usagers des aéroports internationaux ne sont que des palliatifs.

Pour Roissy, le problème, qui n'est d'ailleurs pas seulement celui de l'aéroport parisien, sera d'accueillir les avions à grande capacité



et les avions supersoniques, dont les dimensions ne s'accommoderont pas des emplacements actuels.

A l'Aéroport de Paris, on a recherché une disposition très souple pour les aires de stationnement des avions, qui puisse s'adapter à des machines de toutes sortes de types et de dimensions. On a imaginé un système de « docks » : l'avion évolue en ligne droite ou sur des courbes de grand rayon et se place par ses propres moyens entre des petits bâtiments d'embarquement-débarquement reliés à l'aérogare par des tunnels. On peut comparer ces docks à des quais de chemin de fer parallèles desservis par un passage souterrain. Les petits bâtiments seront reliés aux avions par des passerelles couvertes télescopiques, qui pourront s'ajuster aux différentes hauteurs de planchers des divers types d'avions, et qui pourront desservir à la fois plusieurs portes et même plusieurs ponts, si l'on doit accueillir des avions à deux ou trois ponts superposés.

On a disposé ces docks sur des rayons divergents autour de chacune des aérogares de façon à placer le plus près possible de celles-ci le plus grand nombre possible de postes d'avions. Les parcs à voitures en étages sont au-dessus de l'aérogare et desservis par as-

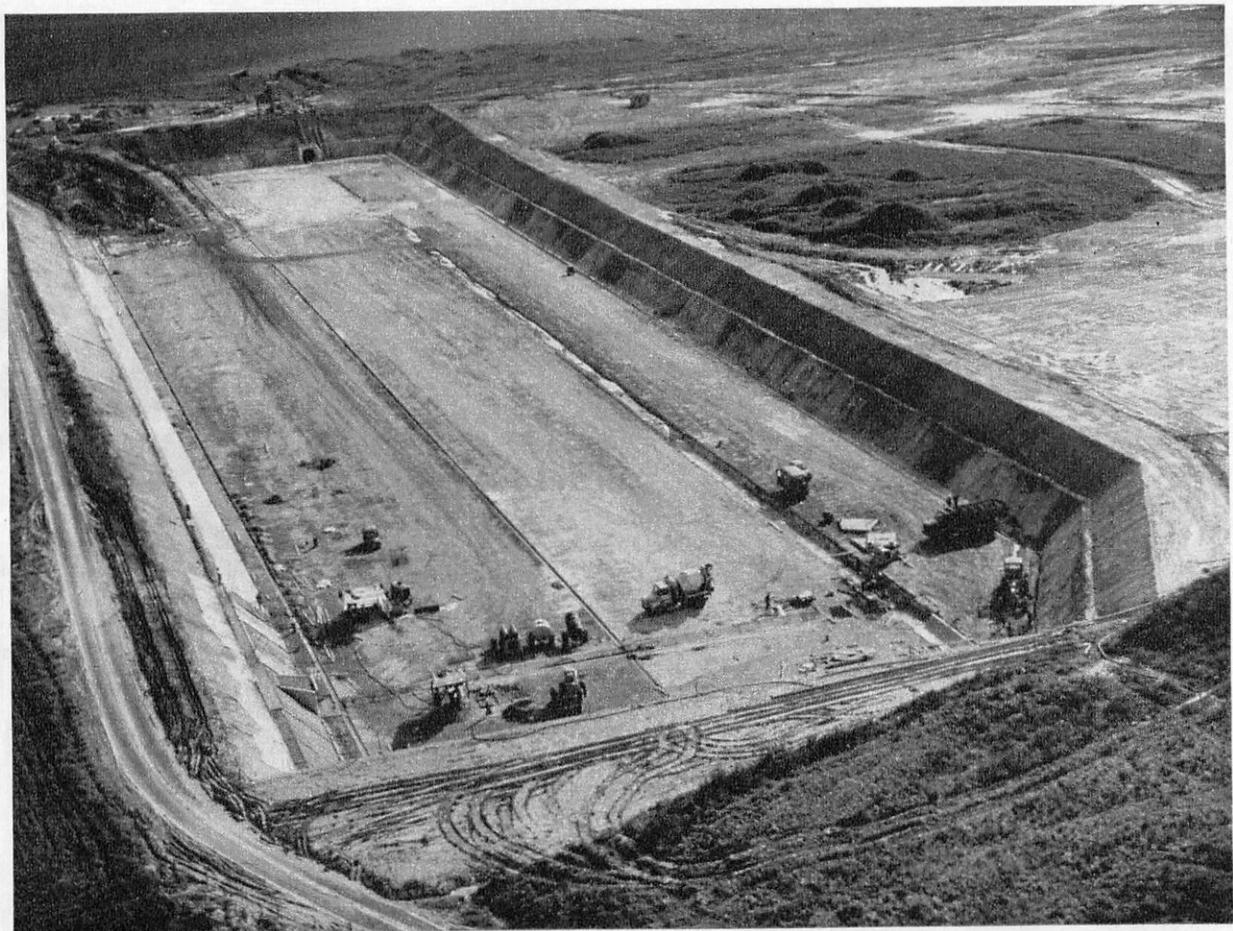
La construction des deux « satellites », à l'extrémité des jetées Est et Ouest de l'aérogare d'Orly a commencé au début de l'année dernière.

Le satellite Ouest, ci-dessus, devrait être en service dès la fin de cette année pour accueillir les premiers jumbojets.

Les satellites permettront l'accès direct aux avions par passerelles télescopiques (dessin en page de gauche).

censeurs. Enfin, on a prévu de « mécaniser » le transport des passagers entre l'aérogare et les docks, y compris pour le changement de niveau entre le tunnel et les salles d'embarquement-débarquement. La disposition des postes d'avions a été étudiée de telle sorte que la distance à parcourir entre l'aérogare et la salle d'embarquement la plus éloignée reste inférieure à 200 mètres. Le parc à voitures à étages associé à chaque aérogare offrira environ 4 000 places.

Selon les études faites par l'Aéroport de Paris, une capacité unitaire supérieure à 5 millions de passagers par an aurait conduit à des distances excessives entre l'aérogare et les postes d'avions.



Au chapitre des « services » nécessités par l'implantation de Paris-Nord, la création de toutes pièces d'un réseau d'assainissement pour évacuer les eaux pluviales a entraîné d'énormes travaux de terrassement. On voit ici l'un des bassins de retenue de ce réseau.

gare et les avions et à des parcs à voitures gigantesques. Une capacité inférieure, par contre, aurait conduit à un gaspillage d'espace et à un mauvais rendement commercial.

Les aérogares de Roissy seront adaptées avant tout, nous dit-on encore, à l'automobile. L'automobiliste pourra y faire beaucoup de choses sans quitter sa voiture : en entrant dans l'aéroport, il pourra s'arrêter à des guichets semblables à ceux qu'on trouve actuellement sur les autoroutes, d'où il pourra gratuitement interroger un ordinateur polyglotte qui lui donnera dans sa langue tous les renseignements qu'il désire et lui indiquera à laquelle des cinq aérogares il devra se rendre. Avant d'accéder à cette aérogare, il pourra, toujours sans quitter sa voiture, se libérer de ses bagages, acheter son billet ou confirmer sa réservation. Dans le parking, il sera guidé électroniquement vers les places libres les plus proches. Il pourra enfin téléphoner, acheter un journal, des ci-

garettes ou des timbres, se faire payer un chèque ou même se rafraîchir sans descendre de voiture...

Pour relier entre elles les cinq aérogares, on créera un transport en commun à grand débit. Chaque aérogare sera aussi reliée à un bâtiment central ou aboutira la ligne du Réseau Express Régional, voire les hélicoptères assurant la liaison avec Orly ou d'éventuels héliports urbains.

Le sort des voisins de Roissy

La vie des communes proches du futur aéroport sera sans aucun doute modifiée par la proximité de l'aéroport, ne serait-ce que du point de vue économique.

Lorsque les milliers d'ouvriers des travaux publics et du bâtiment engagés dans une réalisation de cette ampleur se seront dispersés, leur succéderont les dizaines de milliers d'employés prévus pour l'aéroport après sa mise en service, au début de 1973. Puis, le flot des passagers, des marchandises et des approvisionnements, les installations industrielles et commerciales aéroportuaires communiqueront une forte impulsion à l'économie de la région, entraînant la création

d'activités et d'emplois nouveaux et mettant à la portée des habitants des services dont ils étaient jusqu'à présent dépourvus (services sociaux, transports publics, équipements sportifs et culturels). C'est, dirons-nous, le bon côté de l'opération.

Le revers de la médaille, c'est essentiellement le problème du bruit, qui a d'ailleurs fait l'objet des plus nombreuses réserves lors des enquêtes d'utilité publique et de l'instruction locale de l'avant-projet. On peut noter d'ailleurs, nous dit l'Aéroport de Paris, que ces craintes émanaient davantage des communautés situées à l'Ouest du futur aéroport à une assez grande distance, que de celles situées plus près de Roissy. La population proche est d'ailleurs peu nombreuse, puisque le site a été choisi dans une zone aussi peu bâtie que possible (Epiais-les-Louvres : 101 habitants ; Mauregard : 171 habitants ; Le Mesnil-Amelot : 576 habitants ; Roissy-en-France : 1 724 habitants, chiffres du recensement de 1962).

Pour aborder le problème du bruit, l'Aéroport de Paris souligne qu'il faut bien distinguer d'une part les habitations existantes et d'autre part les éventuelles constructions futures.

En ce qui concerne les premières, on souligne que les pistes sont implantées de telle sorte qu'on ne trouve aucune agglomération dans leurs prolongements proches. Le plan

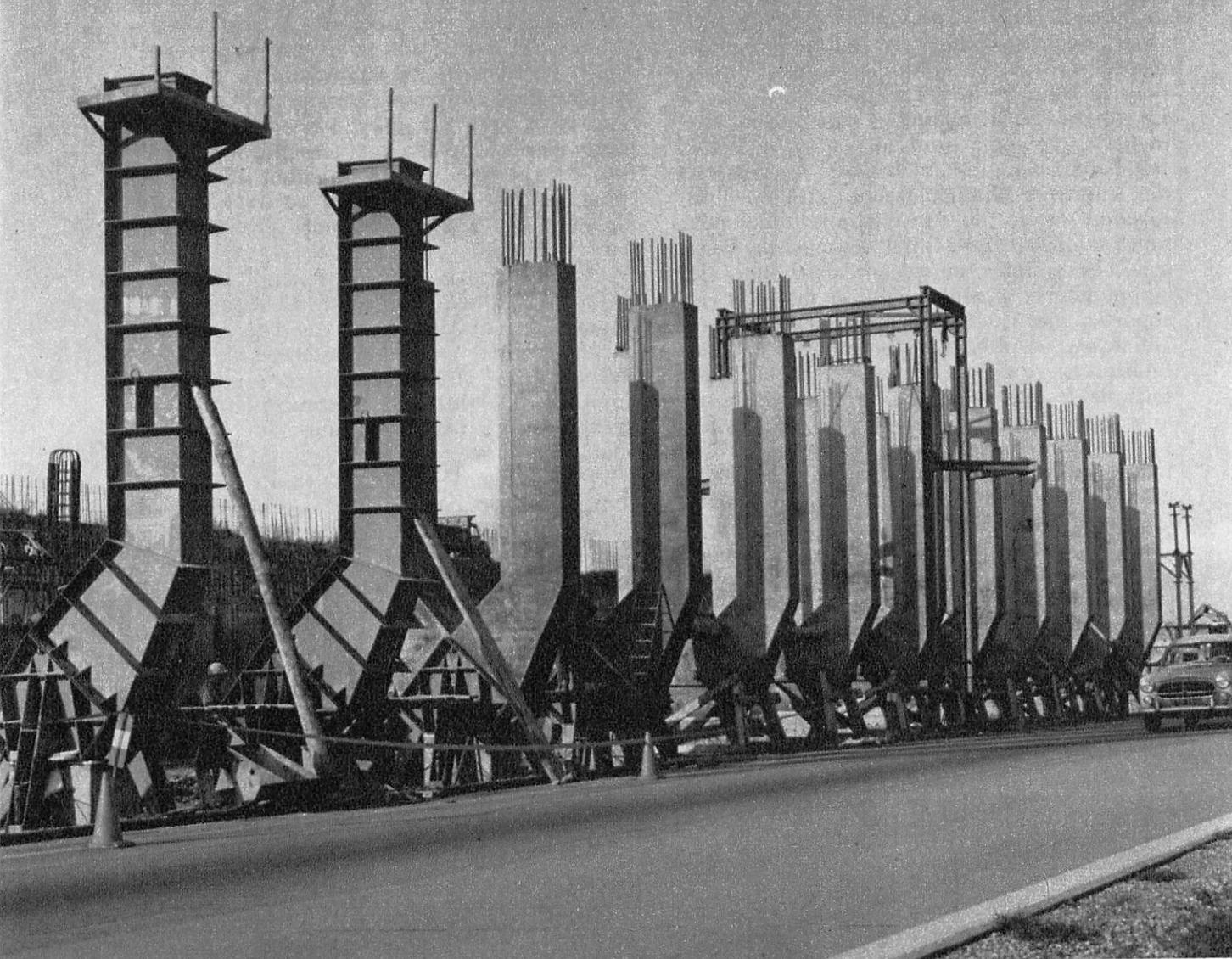
de masse prévoit quatre pistes parallèles, groupées deux par deux, et le trafic prévu au stade final correspondra à des pointes horaires d'environ 150 mouvements d'avions. Du fait de cette implantation, la situation de certaines communes situées à l'Ouest de l'aéroport sera sensiblement améliorée par rapport à ce qu'elle est actuellement vis-à-vis du Bourget. C'est notamment le cas pour Gonesse et son hôpital au sujet duquel des craintes particulièrement vives avaient été exprimées.

Pour les constructions à venir, il est bien évident qu'il sera nécessaire de réglementer l'usage du sol aux abords de l'aéroport de façon à éviter que des habitations ne soient édifiées dans des zones où le bruit serait excessif. La législation française permet d'exercer cette réglementation.

Dans ce domaine, l'Aéroport de Paris applique d'ailleurs, dans ses rapports et études avec les Services Officiels, une méthode mise au point par le Secrétariat Général à l'Aviation Civile. Cette méthode tient compte de la structure du bruit, donc du

A Roissy se poursuivent les travaux de terrassement pour la construction de l'aérogare n° 1. Chaque aérogare pourra « traiter » cinq millions de passagers par an. A plein rendement, vers 1985, le trafic passagers de Paris-Nord atteindra donc 25 millions par an.





Aussi vaste qu'il soit, le site de Paris-Nord englobe tout de même certains éléments d'infrastructure préexistants. C'est le cas de plusieurs tronçons routiers et autoroutiers qui seront d'ailleurs indispensables pour la desserte du nouvel aéroport. C'est pourquoi réseau routier d'accès et infrastructure proprement aéroportuaire seront souvent intriqués, superposés. Un pont de 300 mètres de large qui supportera des pistes est, par exemple, en construction (ci-dessus).

type des avions considérés, l'oreille humaine étant plus sensible à certaines fréquences qu'à d'autres. Elle tient compte également de la répétition des bruits, donc de l'importance du trafic, et aussi, bien sûr, de l'intensité du bruit à la source, qui peut varier le long de la trajectoire, notamment lors

de la réduction de puissance des moteurs après le décollage. Enfin, la méthode tient compte des trajectoires des avions, dans les trois dimensions, et du fait que les vols de nuit sont plus gênants que les vols effectués de jour.

Les ingénieurs des firmes aéronautiques travaillent sans relâche pour améliorer la situation et si les crédits inscrits au budget de 1969 dans ce domaine sont le triple que ceux qui figuraient au budget de 1968, le problème est davantage technique que financier. Parmi les actions engagées actuellement, citons :

- l'établissement de procédures de décollage et d'atterrissement limitant le bruit ;
- le soutien de la recherche destinée à lutter contre le bruit ;
- l'organisation de l'utilisation des sols autour des aéroports ;

— l'élaboration de spécifications pour les futurs avions, le respect de ces limites devant conditionner la certification définitive de l'appareil.

Un signe doit être considéré comme encourageant : les nouveaux avions à réaction sont en progrès sur leurs prédecesseurs. Des Etats-Unis nous sont même parvenus des échos selon lesquels le Boeing 747 à grande capacité serait moins bruyant que nos quadrireacteurs actuels. Par contre, une incertitude subsiste en ce qui concerne les avions supersoniques.

L'environnement économique

Pour parler de ce qui existe, prenons le cas d'Orly. L'aéroport de Paris estime qu'environ 20 000 personnes travaillent quotidiennement dans les entreprises de l'aéroport, ce qui, à la cadence de 280 à 300 jours par an, correspond à environ 6 millions de « présences » à l'intérieur de l'aéroport. Le trafic lui-même correspond à environ 7 millions de « présences » dans l'aérogare. Les accompagnateurs et visiteurs payants sont au nombre de 4 millions et l'on peut estimer que les visiteurs non payants, mais entrant dans le hall ou la galerie marchande, sont au nombre de 1 million. Enfin, les « présences » non enregistrées, résultant de passages non réguliers (personnel navigant, chauffeurs de taxis et de cars, livreurs, personnel des entreprises travaillant occasionnellement dans l'enceinte de l'aéroport) doivent être au nombre de 1 à 2 millions. Le nombre total de « présences » à Orly, au cours d'une année, est donc actuellement de l'ordre de 20 millions.

Si l'on pense que Roissy-en-France, en 1975, aura créé 60 000 emplois, l'on voit immédiatement combien il est nécessaire d'inclure les aéroports dans les plans d'urbanisme et de développement régionaux.

Il faut d'ailleurs s'attendre à la création à Roissy d'une zone industrielle aéroportuaire qui s'étendra jusqu'aux confins du Nord de Paris et qui verra s'implanter de nombreux entrepôts et des industries de transformation occupant de la main-d'œuvre qualifiée (électronique, biochimie, etc.).

Il faut d'ailleurs qu'il en soit ainsi pour que Paris puisse conquérir, en Europe occidentale, une position équivalente à celle de Rotterdam sur le plan des transports maritimes, vœu que M. Pierre D. Cot émettait en 1966, alors qu'il était Directeur Général de l'Aéroport de Paris. Et la lutte pour la prépondérance sur le plan aérien sera vive.

La concurrence aéroportuaire

Nous assistons depuis peu à la naissance d'un phénomène nouveau : les grands aéroports entrent dans une époque de concurrence. Ce phénomène n'intéresse évidemment pas le trafic local : le passager qui se rend de Milan à Paris n'atterrira ni à Bruxelles, ni à Londres.

Mais, et les dirigeants de l'Aéroport de Paris en sont parfaitement conscients, il faut considérer le trafic aérien du point de vue de l'Europe. Les voyages collectifs vers l'Europe, organisés à partir du continent américain ou africain, peuvent prendre, pour point de départ du circuit terrestre, aussi bien Madrid que Rome ou Paris. On voit l'importance de l'équipement, du pouvoir d'attraction offerts par un ensemble aéroportuaire.

De même, les marchandises en provenance des Etats-Unis ou du Canada, destinées à être redistribuées à travers le Marché Commun, ont le choix : Amsterdam, Francfort ou Paris. Cette concurrence pourrait devenir particulièrement aiguë avec les énormes avions-cargo de l'avenir qui peut-être n'atterriront que sur quelques aéroports mondiaux, dont au maximum trois en Europe, d'où leurs cargaisons « éclateront ». Et nous connaissons en la matière le dynamisme des Allemands et des Hollandais.

Il s'agit donc, pour l'Aéroport de Paris, d'être concurrentiel, c'est-à-dire d'offrir des services dont la qualité et le coût soient compétitifs. Il doit également constituer une plateforme bien desservie tant du point de vue aérien (vaste réseau de correspondance passagers et fret) que terrestre (réseau autoroutier connecté aux réseaux européens). Ici encore, l'absence de relations routières continues entre Paris et les pays voisins, l'Allemagne notamment, crée une situation préoccupante.

Le problème des investissements

Dans le développement de l'aviation commerciale et des aéroports internationaux, les questions financières sont elles aussi à l'ordre du jour, surtout dans un pays où l'absence d'informations peut conduire le public à prendre parfois des positions défavorables au transport aérien, et où 0,3 % seulement de la population prend régulièrement l'avion. De 1950 à 1967, l'Aéroport de Paris aura investi (réévaluée en francs actuels), une somme de 2 260 millions. Si les investissements devaient croître proportionnellement

à la capacité des installations, il faudrait investir d'ici 1975 près de 3,6 milliards de francs.

En fait, les estimations conduisent à une prévision d'investissements de l'ordre de trois milliards de francs. L'Aéroport de Paris prévoit des budgets d'investissements annuels de l'ordre de 500 millions entre 1970 et 1975. Ces investissements, est-il précisé, ont un caractère inéluctable :

— Roissy-en-France ne peut être mis en service avant 1972, compte-tenu des délais physiques de réalisation, mais ne peut non plus être retardé si l'on veut y accueillir convenablement Concorde et y développer le fret aérien. Pour des raisons de bruit, il est difficile d'accepter à Orly le trafic nocturne relativement important qu'entraînera l'expansion du fret aérien.

— Il faut accueillir à Orly, grâce à divers aménagements, le trafic jusqu'en 1972. Ensuite, Orly, étant proche de la saturation, Roissy-en-France devra être développé à cadence très rapide.

— Le financement de ces investissements pose évidemment des problèmes et, c'est l'Aéroport de Paris qui parle, on devra envisager d'augmenter les recettes et demander aux transporteurs et aux transportés de participer davantage aux équipements aéroportuaires. C'est ainsi que les problèmes financiers rejoindront les problèmes humains.

Ces problèmes financiers ne sont d'ailleurs pas une exclusivité parisienne. Les aménagements en cours de réalisation à Londres, Francfort, Amsterdam, etc. ne seront pas financés autrement, et les Etats-Unis eux-même, avec des formules différentes, n'échappent pas à la règle.

Les prévisions de dépenses d'ici 1975 dépassent trente milliards de francs, dont dix milliards seraient à la charge du gouvernement fédéral. Ces sommes ne comprennent qu'une partie des dépenses aéroportuaires, puisque, aux U.S.A., les compagnies aériennes construisent ou équipent elles-mêmes un certain nombre d'aérogares.

Faire cohabiter la ville et l'aéroport

Au terme de cet examen des multiples problèmes posés par une entreprise de l'importance de celle de Roissy-en-France, nous ne pensons pouvoir mieux conclure qu'en empruntant à la conférence prononcée l'an dernier, dans le cadre des Journées de l'Aéronautique de Royaumont, par M. J. Block, Directeur des Etudes Générales et du Plan à l'Aéroport de Paris.

Jusqu'à une date encore récente, les aéroports étaient trop souvent considérés par les urbanistes comme des équipements secondaires, relativement gênants pour le développement des villes, et il y avait fréquemment conflit entre la cité, avide de terrains à bâtir, et son aéroport. Le conflit se terminait trop souvent par le report de ce dernier sur un site éloigné, jusqu'à ce que tout recommence, dans les mêmes conditions, quelques années plus tard.

Eloigner l'aéroport de la ville est de toute façon une solution de facilité, car la rapidité des voyages aériens rend de plus en plus intolérables les délais excessifs pour se rendre de la ville à l'aéroport. Eloigner l'aéroport n'est pas économique, car le temps perdu et le coût du transport terrestre représentent une perte considérable.

Un calcul a été fait pour Roissy-en France afin d'évaluer ce qu'aurait coûté le choix d'un site plus éloigné de Paris de 25 km. Le calcul a été fait, d'une part pour les employés, d'autre part pour les passagers et pour les approvisionnements.

Au stade final de développement de l'aéroport, on atteindrait un perte de plus de trois cents millions de francs par an. En fonction de l'accroissement du trafic depuis sa mise en service jusqu'en 1990, on trouve un total de trois milliards, c'est-à-dire une somme à peu près égale au coût final des investissements prévus à Roissy.

Un éloignement de 25 km double donc, pour l'économie nationale, le coût de l'opération.

La ville et l'aéroport doivent donc cohabiter. C'est là un mariage de raison. Il faut s'efforcer de le transformer en mariage d'amour et, pour cela, supprimer les causes mêmes du conflit, en planifiant ensemble les aéroports et les villes.

La planification globale doit tenir compte de l'évolution probable à long terme. Si l'on songe qu'un aéroport comme Roissy-en-France, avec ses 3 000 hectares et sa capacité de 30 millions de passagers par an, risque d'être saturé douze ans après sa mise en service, on peut être saisi d'inquiétude, et ceci d'autant plus que les problèmes ne se poseront pas uniquement à la région parisienne, mais également à des villes comme Lyon, Toulouse, Bordeaux, Nice, Marseille... Si l'on songe que l'ordre de grandeur des investissements aéroportuaires nécessaires est probablement de 100 francs pour créer une capacité supplémentaire de 1 passager par an, on a une idée des sommes considérables qu'il va falloir investir dans les années qui viennent.

Charles DUCARRE

LES DISPOSITIFS ANTI-COLLISIONS

Bien que les collisions entre avions en vol constituent une faible part des accidents aériens, il n'en demeure pas moins qu'elles ne peuvent être négligées et justifient la demande faite depuis de longues années par les compagnies de transport aérien d'un dispositif propre à les éviter totalement. L'augmentation continue du trafic et de la vitesse des avions ne fait par ailleurs qu'accroître les risques. Ce n'est que dans les toutes dernières années cependant que l'avancement de la technique a rendu possible l'étude de tels dispositifs qui a été entreprise aux Etats-Unis sous l'égide de la F.A.A. (*Federal Aviation Agency*), et l'on peut maintenant espérer que les appareils opérationnels pourront être montés à bord des avions de transport d'ici deux à trois ans.

Un dispositif anti-collision doit être capable de détecter tout avion environnant présentant un risque de collision pour l'appareil sur lequel il est monté, puis d'indiquer la manœuvre d'évitement à effectuer suffisamment rapidement pour qu'elle soit efficace. Pour la première de ces tâches, on peut se contenter de connaître, pour tous les avions compris dans un certain volume autour de l'avion intéressé, la distance à ce dernier, la vitesse de déplacement relative, l'altitude et la vitesse ascensionnelle. Négliger le cap revient à considérer comme critiques des avions qui en réalité ne le seraient pas, ce qui renforce donc la sécurité. A partir de la connaissance des quatre paramètres précédents, un calculateur peut évaluer les risques de collision et les manœuvres d'évitement correspondantes ; toutefois, puisque l'on ne tient pas compte des paramètres de cap, qui seraient pratiquement impossibles à déterminer, les seules manœuvres d'évitement possibles devront être des manœuvres dans le plan vertical, c'est-à-dire des montées ou des descentes.

Quel sera le dispositif anti-collisions ?

Les premières études ont très vite montré que la connaissance précise des paramètres précédemment indiqués ne pouvait être acquise que si chaque avion transmet par radio à tous les autres les valeurs qui le concernent pour la vitesse, l'altitude et la vitesse ascensionnelle. Le système anti-collision comportera donc à la base un ensemble émetteur-récepteur lié à un ensemble d'antennes assurant une couverture sphérique. La distance entre deux avions sera déduite du temps mis par l'information radio pour faire le trajet entre l'émetteur et le récepteur. Il devient alors absolument nécessaire d'avoir des temps parfaitement synchronisés pour les deux avions. Pour cela, le système anti-collision comportera une horloge très précise qui devra être en outre régulièrement recalée sur un réseau de stations au sol équipées d'horloges atomiques. Enfin, comme nous l'avons dit plus haut, le système anti-collision comprendra un calculateur digital, chargé de traiter cette masse d'informations et de calculer le risque de collision.

Le principe de fonctionnement faisant appel aux ondes radioélectriques, il fallait définir la bande de fréquences affectée à cette nouvelle application, compte tenu de l'encombrement de la gamme disponible ; l'*Air Transport Association* a demandé à la F.A.A. d'utiliser la bande de 1 540 à 1 600 MHz.

Pour éviter des confusions entre les divers avions, il a été prévu qu'ils émettraient l'un après l'autre au cours de cycles répétitifs d'une durée de trois secondes. Chaque avion ayant besoin d'une durée d'émission de 1 500 microsecondes, on voit qu'il sera possible de faire participer ensemble jusqu'à 2 000 avions. Au cours de ces 1 500 microsecondes,

l'avion commence par émettre un indicatif numérique permettant de l'identifier, puis une information donnant la précision de son horloge, et enfin ses caractéristiques de vol. Quant aux fréquences utilisées afin d'éviter des interférences entre les avions qui émettent successivement, elles seront au nombre de quatre, soit 1 575, 1 580, 1 585 et 1 590 MHz ; les avions les utiliseront dans l'ordre de leur numéro, c'est-à-dire, par exemple, que celle de 1 575 MHz, sera affectée à ceux ayant les numéros 1, 5, 9, 13...

Si ce principe de fonctionnement peut sembler relativement simple, la réalisation d'un équipement de bord pose encore des problèmes complexes dont les progrès de la miniaturisation en électronique devraient cependant faciliter la solution.

L'heure exacte, s'il vous plaît !

Le problème le plus ardu se situe cependant dans la synchronisation très précise des horloges embarquées sur chaque avion. Puisque la distance entre deux avions est déduite du temps mis par les signaux qu'ils émettent à la parcourir, il faut, pour que l'erreur sur cette distance soit admissible, que chaque avion donne au début de sa période d'émission l'heure de son horloge, et que les horloges de deux avions situés dans une même zone d'action soient synchronisées à moins de 2 microsecondes. L'idée de disposer de plus de 1 000 horloges réparties de par le monde et satisfaisant à ce niveau de précision est pratiquement irréalisable. Seules des horloges atomiques permettraient d'y parvenir, mais elles sont évidemment beaucoup trop chères pour être intégrées dans un tel équipement. Il sera fait appel à des horloges à cristal qui nécessiteront alors de fréquentes resynchronisations à partir de stations au sol équipées, elles, d'horloges atomiques.

Comment se passeront alors les choses dans la pratique ? Un nombre suffisant d'horloges atomiques pourra être en service sur le territoire des Etats-Unis d'ici deux ans. Pour les liaisons internationales sur le reste du monde, le délai pourrait par contre être beaucoup plus long. Cependant, une solution de compromis a pu être imaginée, en remplaçant les stations de synchronisation au sol par un réseau de synchronisation air-air. Supposons, par exemple, qu'un avion ait rigoureusement synchronisé son équipement par rapport à une horloge atomique terrestre. Il pourra alors servir de référence pour d'autres avions situés dans sa zone d'action. Ceux-ci, à leur tour, pourront servir de références pour d'autres séries d'avions, et ainsi de proche en proche. Certes, à chaque opération l'exacti-

tude de la référence diminue, mais elles peuvent se répéter un certain nombre de fois avant que l'erreur dépasse les 2 microsecondes indiquées plus haut. En outre, afin que le degré de précision du temps fourni soit connu, il a été convenu de le caractériser par un nombre : 1 pour l'horloge terrestre de référence ; 2 pour l'avion synchronisé avec cette horloge ; 3 pour les avions synchronisés avec l'avion 2, et ainsi de suite. Cette caractéristique de précision de l'horloge de bord sera également transmise dans chaque message, avant la communication de l'heure. Enfin, tout équipement disposant d'une horloge à cristal et qui ne se serait pas recalée pendant une période de 20 secondes verrait son indice de précision automatiquement augmenté d'une unité. En effet, on peut admettre que, pendant cette période de temps, la dérive d'une telle horloge est de 0,2 microseconde, ce qui correspond pratiquement à l'erreur commise au cours d'une opération de synchronisation.

La mise en œuvre de ces principes complique évidemment la tâche demandée aux systèmes anti-collision.

Une autre solution a été envisagée qui consiste à supprimer toute idée de synchronisation des avions sur toute la surface du globe, mais simplement de synchroniser les avions situés dans une même zone d'action en prenant comme référence l'un d'entre eux, par exemple celui dont l'horloge est la plus en avance. Il n'y a plus besoin alors d'horloge atomique au sol. Par contre, des difficultés risquent d'apparaître pour des avions appartenant à deux groupes différents et qui ne pourraient se synchroniser sur deux horloges différentes.

Les résultats de l'analyse effectuée par le calculateur seront présentés visuellement au pilote sur le tableau de bord à l'aide d'une double indication. Tout d'abord, en cas de risque de collision, un voyant lumineux s'allumera. Ce voyant sera encadré au-dessus et en dessous de deux flèches dirigées l'une vers le haut, et l'autre vers le bas ; l'une ou l'autre de ces flèches s'allumera selon que la manœuvre d'évitement devra consister à faire monter l'avion ou à le faire descendre.

Les spécifications techniques des appareils à réaction ayant maintenant été bien précisées, les premiers prototypes devraient commencer leurs essais avant la fin de cette année.

Le problème du prix

Une autre difficulté qui n'a pas été encore résolue et qui risque de contrarier la mise en place des systèmes anti-collision, concerne leur prix. Dans les conditions actuelles, celui-



Le système EROS a été mis au point par McDonnell-Douglas pour ses essais en vol. L'équipement est rassemblé dans un « pod » fusiforme fixé sous le fuselage. Il permet à chaque avion de signaler aux autres sa position. Dans le cockpit, des voyants lumineux avertissent d'une collision possible 60 secondes à l'avance et indiquent la manœuvre à effectuer. Par liaison-sol, l'horloge embarquée est recalée à intervalles réguliers sur le temps de référence, à 2×10^{-7} secondes près.

ci est estimé entre 30 000 et 50 000 dollars par avion, soit de 150 000 à 250 000 francs. Certes, une fabrication en grande série est susceptible d'entraîner une réduction dans un rapport de 5 ou même davantage, mais, même alors, ce prix sera encore trop élevé pour convenir aux avions privés, dont beaucoup ne disposent même pas de radio. Or, il est bien évident que l'efficacité d'un dispositif anti-collision basé sur les principes précédents sera d'autant plus grande qu'un plus grand nombre d'avions en seront équipés.

Le prix étant dû à la complexité des ensem-

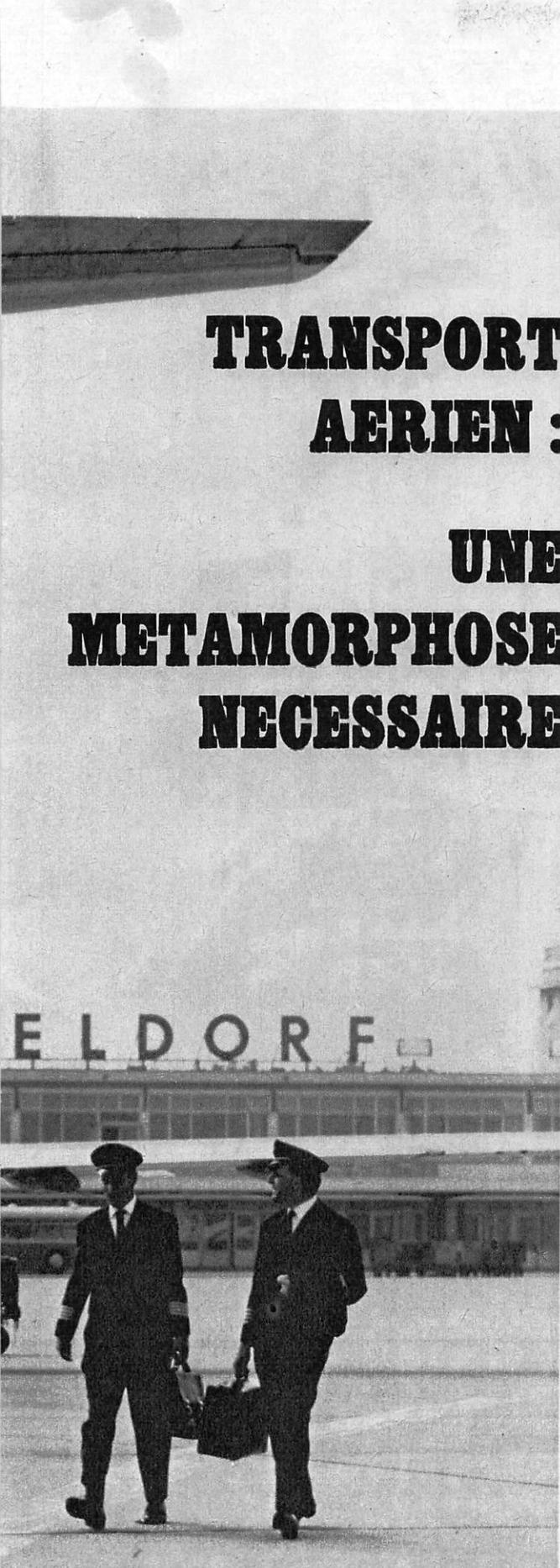
bles électroniques constituant le système, et principalement du calculateur, il y a peu d'amélioration à attendre dans l'immédiat. Seuls des progrès technologiques importants dans l'avenir seront en mesure de modifier la situation. L'entrée en service de ce nouvel équipement se fera donc, pour commencer, uniquement sur les appareils des compagnies de transport.

Enfin, un dernier problème a été soulevé, concernant l'interaction possible du système anti-collision avec le contrôle de la circulation aérienne, au cas où les manœuvres d'évitement commandées par le calculateur conduiraient à enfreindre les règles de cette circulation, et notamment les espacements en altitude des avions. Toutefois, les techniciens qui ont travaillé depuis plusieurs années à mettre au point ces principes estiment que ces interactions seront pratiquement inexistantes.

Il reste maintenant à attendre les premiers résultats d'exploitation pour juger de l'amélioration réellement apportée à la sécurité en vol.

Jacques SPINCOURT





TRANSPORT AERIEN : UNE METAMORPHOSE NECESSAIRE

Au moment où Concorde et l'avion géant Boeing 747 entreprennent leurs essais en vol, il convient d'envisager l'avenir du transport aérien avec la même rigueur objective que celle qu'apportent les techniciens à la mise au point du matériel volant de demain. Le transport aérien dans son ensemble a certes un avenir brillant et on peut en espérer une progression de plus en plus rapide. En 1968, 261 millions de passagers ont utilisé les lignes régulières ; les analystes prévoient 580 millions pour 1975 et 770 millions pour 1980.

Il est certain, par contre, que la structure du transport aérien va se modifier profondément.

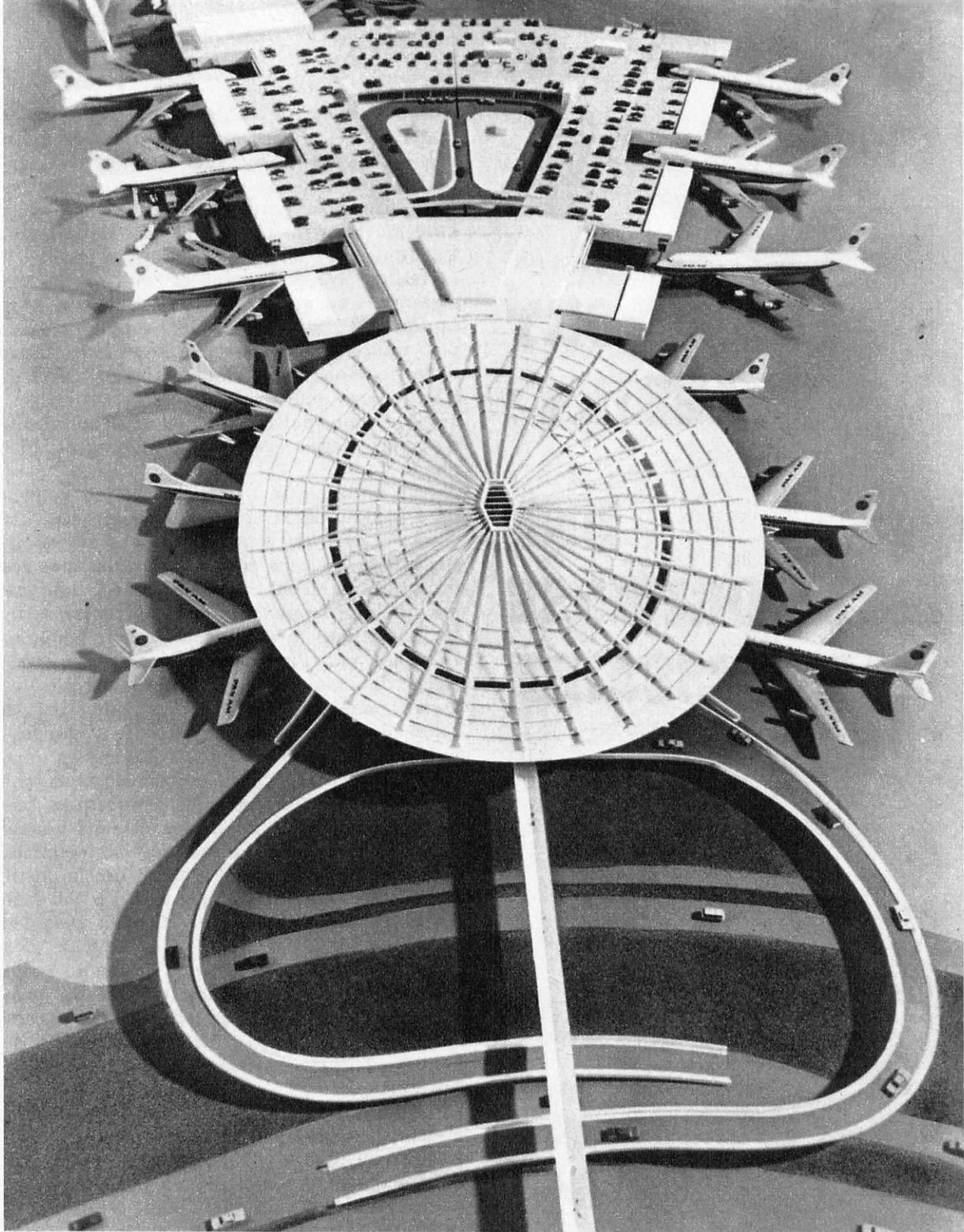
Il faut reconnaître tout d'abord que le progrès technique, qui a permis l'expansion extraordinaire du transport aérien, est essentiellement dû aux constructeurs et que les transporteurs n'ont fait que suivre, bon gré mal gré, ne trouvant jamais de palier suffisamment long pour consolider leur position. Dominés par l'industrie aéronautique, contrôlés directement ou indirectement par les gouvernements, engagés dans une course folle aux investissements dans le vague espoir d'obtenir un jour un bénéfice en rapport avec leurs efforts, les transporteurs ont grandi selon des formules empiriques, en se copiant les uns les autres et sans jamais avoir le temps de s'analyser convenablement, ni même de s'interroger sur la justification de leur développement. Ils se sont bien, ces dernières années, tournés vers les ordinateurs dans l'espoir d'en obtenir des réponses magiques. Jusqu'à présent, cette nouvelle primauté de l'analyste et du programmeur n'a fait que préciser les problèmes sans vraiment les résoudre, tout en alourdissant les paramètres économiques au lieu de les soulager.

Le transporteur est pris dans un enchevêtrement de problèmes qui se résument finalement au maintien d'un fragile équilibre des recettes et des dépenses, avec la perspective d'une catastrophe financière toujours possible. On comprend aisément les anxiétés du moment, tant que subsiste le danger d'une crise économique internationale, coïncidant avec la création d'un excédent de capacité.

Pour forcer la restructuration du transport

Les conditions économiques de l'exploitation des lignes aériennes sont de plus en plus difficiles. Imposé par la concurrence, le renouvellement des flottes en est largement responsable.

A l'échelon européen, en particulier, des ententes seront sans doute nécessaires entre les compagnies.



La nouvelle aérogare Pan American de Kennedy Airport, à New York, sera développée autour du « terminal » actuel. Elle offrira six postes de type « nose-in » pour long-courriers géants et supersoniques. L'ensemble coûtera 250 millions de francs. C'est un exemple, sans doute extrême, de l'effort consenti par les transporteurs.

aérien, certains vont jusqu'à compter sur une telle crise, mais les conséquences d'un mouvement brusqué seraient telles qu'il est loin d'être sûr que l'opération serait béné-

fique dans son ensemble. Il vaut mieux espérer, au lieu d'une révolution, une évolution plus ou moins rapide qui permettrait aux plus exposés de fusionner ou de se spécialiser dans un rôle peut-être modeste, mais plus profitable.

Le transport aérien est plein de paradoxes. Alors que les objectifs, problèmes, équipements et techniques d'opérations sont les mêmes, aucun transporteur ne peut valablement être comparé à un autre. Tout au plus peut-on les grouper en larges secteurs géo-



Le domaine d'activité des compagnies, même à vocation intercontinentale, s'est déjà largement diversifié. A New York, Pan American a ouvert à la fin de l'année dernière un service d'hélicoptères entre Manhattan et les aéroports internationaux et d'aviation générale de la périphérie.

graphiques où les conditions politiques, la prospection commerciale et l'exploitation sont voisines, ce qui n'empêche pas de grandes variations quant à l'importance, aux ambitions ou à la spécialisation de ces transporteurs.

Autre paradoxe, très significatif également : alors que le transport aérien semble former un vaste cartel mondial grâce à l'IATA (*International Air Transport Association*), les transporteurs restent profondément divisés et, en dépit de multiples accords commerciaux ou techniques, se concurrencent activement. L'IATA ne représente d'ailleurs pas l'ensemble des transporteurs. Même si l'on fait abstraction du trafic aérien du monde communiste, russe et chinois, le nombre des transporteurs à la demande, encore nettement minoritaires, n'en augmente pas moins à une cadence accélérée.

L'IATA menacée d'éclatement

A l'intérieur de l'IATA, le compromis unanime, capable de s'opposer aux influences gouvernementales, devient de plus en plus difficile à réaliser. La conférence de Cannes, l'an dernier, fut un échec retentissant, soulignant des divergences non seulement au point de vue des tarifs, mais aussi de la

politique générale future.

Il est vrai que des réunions ultérieures, notamment à Dallas et Genève (sans tenir compte de diverses rencontres en petits groupes) ont finalement produit un compromis, mais des plus boiteux. A Munich, lors de la 24^e assemblée annuelle de l'IATA, qui réunissait les Présidents et Directeurs Généraux de toutes les sociétés membres, de sérieux avertissements furent lancés. En dépit des communiqués rassurants diffusés en fin de réunion, un fossé profond est creusé et l'IATA risque maintenant l'éclatement. Elle peut certes subsister encore quelques années, tant est grande la peur de l'inconnu et aussi l'incompatibilité de vues entre les gouvernements qui auraient alors la responsabilité d'arbitrer les tarifs du transport aérien mondial.

La grande controverse qui domine l'avenir du transport aérien peut être, en simplifiant les choses, ramenée à un conflit entre les grands et les petits. Comme le gouvernement américain joue un rôle très actif dans la politique du transport aérien, il convient de citer M. Alan S. Boyd, Secrétaire aux transports de l'Administration Johnson qui, devant l'assemblée de Munich, n'a pas hésité à présenter le point de vue des grands :

« En premier lieu, l'IATA doit reconnaître que les Etats-Unis sont fermement convaincus de la nécessité d'exploiter les innovations techniques et le progrès économique au bénéfice des voyageurs et expéditeurs. L'importance de cette prise de position est soulignée au moment où nous prévoyons l'introduction de nouveaux avions à grande capacité et de haut rendement. Ces avions promettent un service à la fois meilleur et moins cher. Mais le bénéfice de cette promesse ne sera réalisé au profit du public que si l'IATA adopte une politique tarifaire avancée et correspondant au développement technologique. Ceci exigera une attitude beaucoup plus énergique que dans le passé. Les intérêts du public ne seraient pas servis par des décisions qui seraient uniquement prises pour éviter une rupture du statu quo économique.

Cet aspect a souvent été perdu de vue dans le passé, et l'IATA, et ses membres, se sont efforcés exclusivement de minimiser les effets de l'introduction de matériels nouveaux. Il est temps de se débarrasser de cette attitude et d'accorder au public une participation aux bénéfices découlant des innovations techniques. Ceci implique nettement la diminution du protectionnisme, une plus grande souplesse quant aux tarifs et ventes du transport aérien international.

L'IATA peut et doit prendre l'initiative de

créer une plus grande concurrence, permise par la pleine exploitation des nouveautés technologiques. Ceci exige une modification des attitudes et politiques établies. Je rappelle que le principe essentiel à la base de l'IATA est la promotion d'un transport aérien régulier et économique pour le bénéfice de la population mondiale. »

Inutile de préciser qu'une telle déclaration, soulignant la politique officielle du gouvernement américain, n'a pas été reçue sans réticences. Mais les faits sont là ; cette prise de position qui, bien qu'exprimée par un fonctionnaire, représente celle des grandes sociétés privées, notamment américaines, souligne l'influence que ces dernières et leur gouvernement ont au sein de l'IATA.

La menace des grands inquiète beaucoup les autres membres de l'IATA et les sociétés relativement modestes ont souvent exprimé leurs craintes. Récemment, à Munich, c'est le président sortant qui a souligné la nécessité de résister à l'influence des gouvernements et de certaines sociétés membres.

Surtout développé aux Etats-Unis, le trafic aérien à l'échelon régional a créé une énorme demande d'appareils de transport de faible et moyen tonnage, souvent spécialement étudiés par les constructeurs. D'autres appareils sont importés, tel ce bimoteur léger Hansa Jet, aux couleurs d'une compagnie californienne.

Certes, tout sera fait pour sauver l'IATA et ne pas remettre le contrôle des tarifs et de la réglementation aux mains des gouvernements qui, à de rares exceptions près, ne sont pas équipés pour assumer cette responsabilité. De plus, dans une large mesure, l'IATA a jusqu'à présent réussi à exclure les problèmes politiques de ses délibérations. La fin de l'IATA verrait certainement l'invasion immédiate de la politique dans le transport aérien avec les conséquences désastreuses qui en résulteraient.

Il reste que l'entente n'est plus possible entre tous les transporteurs, trop différents les uns des autres et évoluant souvent dans des contextes trop éloignés.

Déjà on glisse vers un certain régionalisme et des groupements créés initialement pour d'autres raisons deviennent des forums d'idées et de fixation de politique. Les transporteurs américains étaient déjà ainsi groupés, les principales compagnies européennes sont membres de l'European Research Bureau, tandis que de nouvelles organisations viennent de voir le jour dans le Pacifique et en Amérique latine.

Le prestige n'est pas rentable

Ainsi donc, le transport aérien mondial qui, statistiquement, en passagers et en tonnes de fret, n'a jamais été aussi florissant,



aborde une grave crise de croissance, sinon de conscience. Brusquement, on réalise que dans l'euphorie de l'ère à réaction, l'expansion a pris un rythme incontrôlable et que, avec plus de 1 000 nouveaux avions en commande, une surcapacité coûteuse va être créée. Déjà les signes avant-coureurs de la crise économique qui guette le monde ont freiné les bénéfices de ces deux dernières années. Les transporteurs se retrouvent affablis, face à des investissements de plus en plus lourds et incertains de l'accroissement de leur revenu.

Les raisons de cet état de choses sont déjà anciennes. Au cours des années passées, le développement du transport aérien s'est effectué d'une façon extraordinaire, mais désordonnée. Les gouvernements, à quelques exceptions près, ont accepté, sans contrôle effectif, d'en subventionner le coût, en échange du prestige national engendré.

Ainsi a-t-on parfois encouragé les transporteurs à développer des liaisons qui ne répondent pas à une demande économique réelle. Certes, certaines routes à expansion évidente, l'Atlantique Nord par exemple, ou les liaisons « impériales », ont tissé les réseaux actuels, mais on est loin d'un développement ordonné. Chacun s'est précipité après les autres, sans autre justification souvent que de vouloir faire flotter son pavillon aux quatre coins du globe.

L'éclatement des empires et l'indépendance des anciennes colonies ont multiplié les transporteurs. Les nouveaux Etats ont compris beaucoup plus rapidement le jeu savant des échanges bilatéraux de droits de trafic que la nécessité d'équilibrer les comptes de leurs compagnies de transport. Il en résulte un déséquilibre profond dans les réseaux mondiaux, principalement dû à la protection de compagnies qui n'ont aucune justification économique sur un plan autre que national ou régional.

Le malaise est profond et il ne sera pas résorbé tant que les transporteurs internationaux et leurs gouvernements n'auront pas accepté de revoir leurs conceptions de base et d'unifier leurs philosophies commerciales, laissant la compétition prendre le pas sur le protectionnisme. Certes, à l'échelle mondiale, seuls les puissants subsisteront, les sociétés moyennes et modestes devant soit se grouper en grandes unités, soit se replier sur les secteurs régionaux et locaux. On rejoint ici l'exemple du transport américain. Ce dernier a connu au fil des années beaucoup de métamorphoses, imposées tant par le jeu du succès commercial que par l'inspiration officielle. Servi, il est vrai, par une économie florissante, une forte population et l'étalement géographique du territoire, le transport aérien américain s'est partagé entre deux grandes sociétés sur le réseau mondial, plusieurs compagnies exploitant les grands axes du réseau intérieur, un nombre important de sociétés légalement limitées à un rayonnement régional. Ce tableau se complète par une multitude de petits transporteurs d'apport et de services locaux de conception assez récente.

Certains préconisent donc que chaque continent, à défaut de bénéficier de l'unité politique des Etats-Unis, sache au moins forcer ses transporteurs à se partager les réseaux et les responsabilités. Dans le cas de l'Europe, par exemple, seules quelques compagnies, deux ou trois tout au plus, garderaient une vocation intercontinentale, les autres se contentant d'exploiter des réseaux inter-régionaux, régionaux et d'apport. Dans l'actuel contexte européen, on voit mal les compagnies et leurs gouvernements se plier à un tel recul. Encore que, sans modification d'attitude, certaines compagnies se verront tôt ou tard forcées d'abandonner la course technologique dont le prix risque un jour de dépasser les possibilités des petites nations.

En dépit de sa logique et de ses garanties économiques, une telle conception est politiquement inacceptable en Europe, où le transport aérien a manqué une excellente opération en ne retenant pas les proposi-





photo Jean Perard

A l'intérieur de la France, le trafic aérien de troisième échelon connaît, en prolongeant le réseau Air Inter, une progression significative. A la saison d'hiver, Air Alpes assure, par exemple, des liaisons régulières vers Courchevel et l'Alpe d'Huez à partir de Lyon. L'un de ses appareils est un Twin-Otter.

tions d'Air Union. Cette dernière tentative a voulu sauter les étapes sans tenir compte des nationalismes et des intérêts politiques ou de personnes qui retardent bien d'autres tentatives de rapprochement européen. La solution, car le statu-quo est impossible, devra donc être trouvée dans une collaboration de plus en plus étroite entre transporteurs. Tout un travail préparatoire a déjà été fait et l'avènement prochain du Boeing 747 renforce encore les ententes et collaborations entre sociétés nationales européennes. Standardisation et distribution des tâches techniques, entraînement commun des équipages, maintenance, sont des domaines où la coopération est déjà pratiquée sur une grande échelle. Certes, on est encore loin de l'unification du transport aérien à l'échelle européenne, mais des jalons importants sont posés.

Un impératif : réformer les tarifs

Il reste que le développement du trafic européen reste inférieur à celui des Etats-Unis et à celui de l'Union soviétique. Il y a de multiples raisons à ce phénomène qui se retrouve d'ailleurs dans d'autres domaines. Mais il est assez illogique de constater que le transport aérien européen, mi-privé, mi-gouvernemental, ne connaît pas un développement aussi rapide que l'industrie américaine, essentiellement privée, et de l'Union soviétique, exclusivement étatique. Les experts américains prétendent que le protectionnisme et les innombrables accords de pool éliminent l'aspect compétitif et forcent le maintien de hauts tarifs. Cette remarque est valable, mais il convient d'y ajouter l'illogisme des réseaux européens qui gonfle les prix de revient et force le maintien des prix de vente à un niveau relativement élevé. De toute façon, l'avenir du transport aérien européen dans un contexte intercontinental suppose une coopération, voire ultérieurement fusion sur une large échelle. L'exemple américain est là pour rappeler qu'il s'agit d'une évolution constante. La fusion de plusieurs sociétés, le développement internatio-



nal de compagnies jusqu'à présent exclusivement intérieures, et le récent incident de la distribution des routes du Pacifique, sont autant d'exemples prouvant que même le pays de pointe du transport aérien n'est pas à l'abri des crises de croissance.

Crises et problèmes sont choses communes dans l'activité du transport aérien, qui en a résolu beaucoup et de très importants au cours de son développement. L'ampleur des problèmes croît toutefois avec l'importance des transporteurs et avec les exigences économiques actuelles. Les problèmes les plus cruciaux sont ceux des investissements et de la surcapacité qui se traduisent en augmentation du prix de revient et en diminution des recettes. Les grandes sociétés réussissent encore à briser le cercle vicieux ; les autres végètent ou perdent de l'argent. Dès lors, l'accord unanime au sein de l'IATA ne devient possible que par une complication extraordinaire, pour ne pas dire scandaleuse, de la structure tarifaire. Seule l'ignorance du public tolère un tel état de fait. Si l'on veut remplir la nouvelle génération d'avions à grande capacité et en tirer tout le profit désirable tout en servant les intérêts du public, une diminution des tarifs s'impose. Les

Le tourisme est un facteur important du développement des liaisons régionales. Ce trafic conduit parfois à l'acquisition de matériels volants un peu spéciaux. Par exemple, ce « Carvair », DC-4 modifié, d'Air Transport pour le passage des voitures et de leurs passagers de Nîmes en Corse.

prochaines années risquent fort de condamner les transporteurs insuffisamment solides pour survivre à la crise. Les transporteurs réguliers n'auront qu'à s'entendre ou se combattre entre eux.

Ils devront d'ailleurs faire face à la menace croissante des compagnies « charters », dont les activités se développent beaucoup plus rapidement que celles du transport régulier. Ce trafic qui ne représente encore qu'environ 15 % du trafic mondial, risque de devenir extrêmement dangereux, surtout si les transporteurs réguliers revendent un certain nombre de leurs avions à réaction de première génération. Le mieux serait que les transporteurs réguliers reprennent à leur compte le développement de ce trafic touristique. Ceci implique un contrôle des possibilités hôtelières et même, dans de nombreux cas, l'installation d'hôtels et autres

installations de loisirs. Tout ceci, justifié à longue échéance, ne fera dans un premier temps qu'accroître les investissements des transporteurs réguliers et, cette fois, dans un domaine étranger à leur expérience.

Le fret au secours des compagnies ?

Dans cette recherche générale de la rentabilité un autre grand espoir est le fret, dont on promet monts et merveilles depuis plusieurs années. Certes, le tonnage transporté par la voie des airs est en augmentation rapide, mais cette activité est encore loin d'avoir son propre équilibre. Il faut constater que le fret aérien n'est encore qu'un appoint et que la grosse majorité du tonnage voyage encore dans les cales des avions pour passagers. Certes, la plupart des transporteurs exploitent un réseau cargo pur, mais peu de ces vols sont payants, sauf sur certaines relations par long-courriers. Et voilà que l'on parle de versions cargo du Boeing 747 et du Lockheed C 5-A. Ajoutons à cela les Boeing 707 et DC-8 de surplus, et l'on risque une surcapacité énorme.

Les experts nous promettent que le fret aérien dépassera l'activité passagers dès 1975-76. Une telle évolution exige naturellement une expansion des affaires et un changement radical dans l'attitude des transpor-

Le trafic de fret, souvent proposé aux transporteurs comme le remède universel, reste encore relativement modeste. Ce sont surtout les marchandises de haute valeur, voitures par exemple, qui prennent l'avion. Là encore un abaissement des tarifs s'impose.

teurs, des transitaires et, surtout, des douanes. Encore une fois, les installations au sol et l'équipement nécessiteront des investissements très importants.

D'autres spécialistes, tenant compte de la modernisation des transports classiques, maritimes et terrestres, ne se montrent pas aussi optimistes quant au développement du fret aérien. Moins de toute façon que ceux chargés par les constructeurs de démontrer aux transporteurs l'utilité d'acquérir une flotte spécialisée. Personne ne nie l'accroissement du fret aérien, mais on peut se demander si l'enthousiasme des professionnels ne l'emporte pas sur leur objectivité. Le potentiel existe mais le développement du fret dépendra des tarifs, lesquels seront conditionnés avant tout par le succès des transporteurs dans le secteur passagers.

Autre menace, l'Aeroflot, instrument du transport aérien soviétique, se trouvera très rapidement une vocation mondiale. Cet organisme qui a transporté 60 millions de passagers en 1968, presque exclusivement sur son vaste réseau intérieur, disposera à brève échéance d'un matériel comparable à celui des transporteurs occidentaux. Aeroflot pourra alors paraître sur les aéroports du monde et le développement d'un puissant réseau global viendra bouleverser l'image classique des réseaux actuels. Ceci, combiné avec d'autres initiatives de réseaux mondiaux, tant dans l'hémisphère Nord que Sud risquerait de changer complètement les grands courants du trafic, précipitant encore la nécessité d'une révision intégrale du transport aérien international.

Guy ROBERTY



photo UTA-J. Veuve

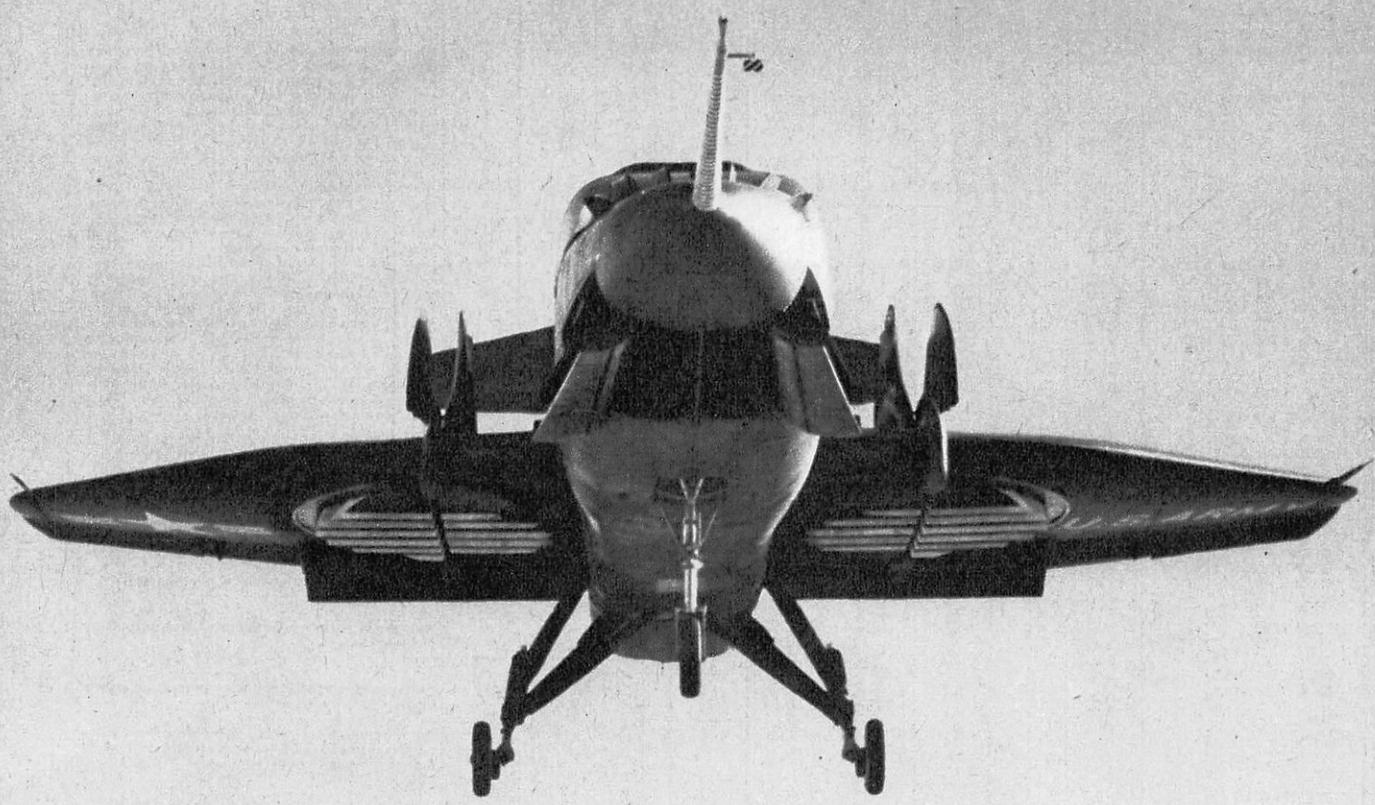
Hélicoptères

Constructeur et type	Nombre de rotors principaux	Nombre de pales par rotor	Diamètre du rotor (m)	Groupe moteur	Passagers	Poids max. en charge (kg)	Vitesse (km/h)	Autonomie (km)	Observations
AFRIQUE DU SUD									
ROTORCRAFT Minicopter	1	2	6,40	1 moteur McCulloch O-100 de 72 ch	1	250	145	240	Autogire ultraléger avec hélice propulsive bipale, diamètre 1,20 m. Version biplace en projet avec moteur de 165 ch.
ALLEMAGNE FÉDÉRALE									
DORNIER Do 132	1	2	10	1 générateur de gaz MAN 6022 de 440 ch	4	1 300	220	400	Hélicoptère léger toutes missions civiles et militaires. Rotor mû par éjection de gaz en bouts des pales. Train relevable.
MERCKLE SM 67	1	3	10,50	1 turbine Turbomeca Artouste II C de 400 ch	5	1 700	120	300	Hélicoptère. Rotor anticouple arrière, diamètre 2 m.
MESSERSCHMITT-BOELKOW BO-105	1	4	9,80	2 turbines MAN 6022 de 375 ch	5/6	2 000	250	1 350	Hélicoptère léger à rotor rigide. Rotor anticouple arrière bipale, diamètre 1,90 m.
VEREINIGTE FLUGTECHNISCHE WERKE H 2	1	2		1 moteur McCulloch de 72 ch	1				Autogire léger expérimental avec brûleurs auxiliaires en bouts de pales pour le vol stationnaire. Hélice propulsive arrière et compresseur d'alimentation des brûleurs.
H 3	1	3	8,70	2 turbocompresseurs de 150 ch	3	950	210	420	Combiné léger avec rotor mû par éjection d'air comprimé en bouts de pales et 2 hélices latérales carénées, pouvant voler en hélicoptère ou en autogire.
WAGNER Sky-Trac	2	2	10	1 moteur Franklin 6 AS-335 de 260 ch	3	1 500	165	200	Hélicoptère léger tous services. Rotors coaxiaux contrarotatifs. Version Aerocar avec pales repliables et roues du train motrices pour déplacement sur route.
CANADA									
AVIAN Giroplane	1	3	11,28	1 moteur Lycoming I O-360 de 200 ch	2	865	190	640	Autogire léger avec hélice propulsive carénée.
ÉTATS-UNIS									
AIR AND SPACE 18 A	1	3	10,67	1 moteur Lycoming O-360 de 180 ch	2	815	160	480	Autogire léger avec hélice propulsive.
A.R.D.C. Oméga RP-440	1	4	11,90	2 moteurs Lycoming I O-540 de 290 ch	4/5	2 340	145	305	Hélicoptère. Rotor bipale anticouple arrière.
BELL 47 G	1	2	11,32	1 moteur Lycoming VO-540 de 280 ch	2	1 340	170	475	Hélicoptère tous services construit aussi en Italie (Agusta), en Grande-Bretagne (Westland) Rotor anticouple arrière, diamètre 1,80 m. Existe en plusieurs versions avec différents types de moteurs pour applications civiles et militaires (en service dans la British Army sous le nom de Sioux).
260 A JetRanger	1	2	10,15	1 turbine Allison 250-C de 315 ch	5	1 360	240	625	Hélicoptère tous services fabriqué aussi en Italie (Agusta). Rotor anticouple arrière de 1,60 m. Versions militaires d'entraînement et d'observation.
UH-1H Iroquois	1	2	14,65	1 turbine Lycoming T 53 de 1 400 ch	12/15	4 100	240	525	Hélicoptère toutes missions pouvant être équipé de flotteurs pour opérations amphibies. Rotor anticouple bipale arrière, diamètre 2,60 m. Version d'appui tactique UH-1E avec 2 mitrailleuses, fusées et lance-grenades. Versions civiles fabriquées aussi en Italie (Agusta), au Japon (Fuji) et en Allemagne (Dornier). Versions dérivées en cours de développement Model 208 avec 2 turbines Continental T 67 et Model 212 avec 2 turbines Pratt et Whitney PT 6 T.
AH-1 HueyCobra	1	2	13,60	1 turbine Lycoming T 53 de 1 100 ch	2	4 310	270	685	Hélicoptère d'appui tactique dérivé du précédent avec ailes courtes fixes auxiliaires. Tourelle Emerson TAT-141 avec mitrailleuse à 6 tubes de 7,62 mm et lance-grenades de 40 mm, fusées, engins Tow.
BENSEN B-8M Gyrocopter	1	2	6,10	1 moteur McCulloch 431-8 E de 72 ch ou 431-8 G de 90 ch	1	227	135	160	Autogire léger pour construction d'amateur. Hélice propulsive bipale, diamètre 1,14 m. Version B-8 V avec Volkswagen 1 600 cm ³ , 64 ch. Version Hydrocopter avec flotteurs.
8-11M Kopter-Kart	1	2	6,10	6 moteurs McCulloch MC 75 de 10 ch	1		130		Autogire multimoteur pour construction d'amateur. Moteurs type karting montés en 2 rangées de 3 derrière le pilote, chacun entraînant une hélice propulsive bipale, diamètre 0,60 m.
BERLIN DOMAN BD-68	1	4		3 turbopropulseurs Allison T 63 de 317 ch	10	2 720	240	645	Hélicoptère à train escamotable, pouvant se poser sur l'eau. Rotor anticouple tripale arrière.
BOEING Vertol 107 CH-46 Sea Knight	2	3	15,25	2 turbines General Electric T 58 de 1 250/1 400 ch	25	8 650	255	400	Hélicoptère de transport civil et militaire. 2 rotors contrarotatifs en tandem. Version cargo avec rampe de chargement arrière. Construit aussi au Japon (Kawasaki). Version Sea Knight à pales de rotors repliables pour l'U.S. Marine Corps. Livré au Canada et à la Suède.
Vertol 114 CH-47 Chinook	2	3	18,30	2 turbines Lycoming T 55 de 3 750 ch	33/44	15 000	300	500	Hélicoptère de transport civil et militaire. 2 rotors contrarotatifs en tandem. Rampe de chargement arrière. Peut transporter des engins Little John ou Pershing. Version d'assaut blindée, avec lance-grenades, canon de 20 mm, mitrailleuses.

HÉLICOPTÈRES (suite)

Constructeur et type	Nombre de rotors principaux	Nombre de pales par rotor	Diamètre du rotor (m)	Groupe moteur	Passagers	Poids max. en charge (kg)	Vitesse (km/h)	Autonomie (km)	Observations
ÉTATS-UNIS (suite)									
BRANTLY B-2 B	1	3	7,25	1 moteur Lycoming IVO-360 de 180 ch	2	755	160	400	Hélicoptère léger. Train avec patins, roues ou ballonnets. Rotor anticouple arrière bipale, diamètre 1,30 m.
Model 305	1	3	8,70	1 moteur Lycoming IVO-540 de 305 ch	5	1 315	195	325	Hélicoptère léger dérivé du précédent. Train avec patins, roues ou ballonnets. Rotor anticouple arrière bipale, diamètre 1,30 m.
DEL MAR Whirlymite	1	3	4,90	1 turbine AiResearch GTP 30 de 85 ch	1	270	95	150	Hélicoptère léger. Rotor anticouple arrière, diamètre 0,90 m. Existe en version cible télécommandée pour l'U.S. Army.
ENSTROM F-28 A	1	3	9,75	1 moteur Lycoming HIO-360 de 205 ch	3	975	160	375	Hélicoptère léger construit aussi en Grande-Bretagne (Twyford Moors) sous le nom de Solent. Rotor anticouple arrière, diamètre, 1,42 m Version en préparation avec turbine AiResearch de 220 ch.
FAIRCHILD-HILLER FH-1 100	1	2	10,80	1 turbine Allison 250 de 270 ch	5	1 250	200	620	Hélicoptère à utilisations multiples. Rotor anticouple arrière bipale, diamètre 1,83 m. Pales du rotor principal repliables. Armement en version militaire: mitrailleuses de 7,62 mm, lance-grenades ou armes anti-sous-marines.
FILPER Beta 300	2	3		1 turbine Allison 250 de 317 ch	6	1 230	275		Hélicoptère à l'étude avec système de rotors rigides Gyroflex. Deux rotors en tandem. Train tricycle escamotable.
GALAXIE G-100	1	2	7,82	1 moteur Continental A 65 de 65 ch	1	400	120	65	Hélicoptère léger. Rotor anticouple arrière bipale, diamètre 1,22 m. Version G-100 A avec moteur Continental O-200 de 100 ch.
HELICOM Commuter Junior	1	2	6,40	1 moteur Continental C 90 de 90 ch	1	430	120	275	Hélicoptère léger. Rotor anticouple arrière bipale, diamètre 1,22 m.
HUGHES Model 300	1	3	7,70	1 moteur Lycoming H 10-360 de 180 ch	2/3	755	140	355	Hélicoptère léger civil et militaire (TH-55 A). Rotor anticouple arrière bipale, diamètre, 1,17 m. Peut être équipé de flotteurs.
OH-6 A Cayuse	1	4	8,05	1 turbine Allison T 63 de 317 ch	4/6	1 100	240	630	Hélicoptère léger d'observation. Pales du rotor repliables. Rotor anticouple arrière bipale, diamètre 1,30 m. Peut être équipé d'une mitrailleuse de 7,62 mm ou d'un lance-grenades. Version civile Model 500
JOVAIR Sedan 4 E	2	3	7	1 moteur Franklin 6A-350 de 235 ch	4	1 100	145	400	Hélicoptère léger. Rotors en tandem à ailes repliables. Train équipable de patins ou flotteurs.
J-2	1	3	8,25	1 moteur Lycoming O-360 de 180 ch	2	635	200	560	Autogire léger. Aile courte auxiliaire portant les poutres d'empennage. Hélice propulsive arrière bipale, diamètre 1,85 m.
KAMAN HH-43 Huskie	2	2	14,33	1 turbine Lycoming T 53 de 825 ch	14	4 100	195	500	Hélicoptère de sauvetage et autres missions. Rotors engrenants contrarotatifs.
UH-2 Seasprite	1	4	13,40	1 turbine General Electric T 58 de 1 250 ch	14	4 510	250	650	Hélicoptère tous-temps toutes missions (en particulier sauvetage). Pales repliables. Rotor anticouple arrière triplane, diamètre 2,45 m. Train à roues avant escamotables.
LOCKHEED XH-51 A	1	4	10,67	1 turbine United Aircraft of Canada T 74 de 500 ch	2	1 860	280	420	Hélicoptère expérimental à rotor rigide. Rotor anticouple arrière bipale, diamètre 1,83 m. Train escamotable. Version compound avec turboréacteur supplémentaire Pratt et Whitney J 60, vitesse 480 km/h.
Model 286	1	4	10,67	1 turbine United Aircraft of Canada T 74 de 500 ch	5	2 130	280	370	Hélicoptère tous services à rotor rigide dérivé du XH-51 A.
AH-66 A Cheyenne	1	4	15,36	1 turbine General Electric T 64 de 3 435 ch	2	7 715	410	1 400	Hélicoptère tous-temps pour escorte et appui tactique. Aile fixe auxiliaire basse de faible envergure. Train escamotable. Rotor rigide. A l'arrière, rotor anticouple quadripale et hélice propulsive triplane, diamètre 3,05 m. Armement: lance-grenades, mitrailleuses 7,62 mm, canon de 30 mm, roquettes, engins TOW antichars.
PIASECKI Pathfinder 2	1	3	13,40	2 turbines General Electric T 58 de 1 500 ch	8	3 680	345	1 700	Hélicoptère compound expérimental pour applications militaires, terrestres et navales. Hélice, propulsive, carénée arrière, diamètre 1,65 m. Pales repliables. Aile basse fixe auxiliaire repliable de faible envergure. Versions dérivées du projet Pathfinder 3 de transport civil.
ROTORWAY Scorpion	1	2	5,85	1 moteur Mercury type hors-bord de 63 ch	1	270	135	260	Hélicoptère léger. Rotor anticouple arrière bipale, diamètre 0,95 m.
SCHEUTZOW Model B	1	2	8,25	1 moteur Lycoming IVO-360 de 165 ch	2	700	130	270	Hélicoptère léger. Rotor anticouple arrière bipale, diamètre 1,15 m.
SIKORSKY S-58	1	4	17,05	1 moteur Wright R-1820 de 1 525 ch	18	6 350	200	400	Hélicoptère tous services construit aussi en France (Sud-Aviation) et en Grande-Bretagne (Westland Wessex). Rotor anticouple arrière quadripale, diamètre 2,90 m. Train équipable de flotteurs. Cabine conditionnée.
S-61	1	5	18,90	2 turbines General Electric T 58 de 1 500 ch		9 300	265	1 000	Hélicoptère tous-temps amphibie de lutte anti-sous-marin. Rotor anticouple arrière à 5 pales, diamètre 3,15 m. Pales et queue repliables. Fabriqué aussi au Japon (Mitsubishi), en Grande-Bretagne (Westland) et en Italie (Agusta). Versions commerciales amphibie et non-amphibie pour 22/31 passagers. Version militaire de transport S-61 R avec rampe de chargement arrière, pour 25/30 hommes équipés.
S-62	1	3	16,15	1 turbine General Electric CT 58 de 1 250 ch	10/12	3 600	170	760	Hélicoptère de transport amphibie. Rotor anticouple arrière bipale, diamètre 2,65 m. Pales repliables.
S-64	1	6	22,00	2 turbines Pratt et Whitney JFTD-12 A de 4 500 ch		17 500	200	400	Hélicoptère lourd, type grue volante. Peut être utilisé en transport de troupe (67 hommes), pour dragage de mines, lutte anti-sous-marin, sauvetage, ambulance. Rotor anticouple arrière quadripale, diamètre 4,90 m.
S-65	1	6	22,00	2 turbines General Electric T 64 de 2 850 ch	38	19 000	310	415	Hélicoptère de transport d'assaut tous-temps dérivé du précédent. Pales et queue repliables. Train escamotable. Rampe arrière.

Constructeur et type	Nom- bre de rotors prin- cipaux	Nom- bre de pales par rotor	Di- amètre du rotor (m)	Groupe moteur	Passa- gers	Poids max. en charge (kg)	Vi- tesses (km/h)	Auto- nomie (km)	Observations
FRANCE									
SUD-AVIATION 318 C Alouette II	1	3	10,20	1 turbine Turbomeca Astazou II A de 530 ch	5	1 650	205	720	Hélicoptère tous usages. Rotor anticouple arrière bipale, diamètre 1,90 m. Pales repliables. Train à patins ou à roues, éventuellement flotteurs.
3160 Alouette III	1	3	11,00	1 turbine Turbomeca Astazou III B de 550 ch	7	2 100	210	620	Version développée du précédent. Rotor anticouple arrière triplane, diamètre 1,90 m. Construit aussi en Inde. En version militaire, peut être équipé d'engins AS-11 et AS-12, d'un canon de 20 mm, de mitrailleuses de 7,62 mm et de roquettes. Version anti-sous-marin à l'étude.
SA 341	1	3	10,50	1 turbine Turbomeca Astazou II N de 600 ch	5	1 600	290	720	Hélicoptère devant remplacer l'Alouette II pour les applications militaires. Rotor principal rigide. Rotor anticouple arrière caréné à 13 pales, diamètre 0,70 m. Réalisé en collaboration avec Westland (Grande-Bretagne).
SA 321 Super Frelon	1	6	18,90	3 turbines Turbomeca Turmo III C 3 de 1 500 ch	30	12 000	260	1 100	Hélicoptère lourd réalisé en collaboration avec Sikorsky (U.S.A.). Rotor anticouple arrière à 5 pales, diamètre 4 m. Pales et queue repliables. Ravitaillable en vol. Rampe de chargement arrière. Version navale pour défense anti-sous-marin, dragage de mines, etc. Version civile jusqu'à 37 passagers.
SA 330 Puma	1	4	15,00	2 turbines Turbomeca Turmo III C 4 de 1 300 ch	12/20	6 400	280	600	Hélicoptère tactique réalisé en coopération avec Westland (G.-B.). Pales repliables. Rotor anticouple arrière à 5 pales, diamètre 3,15 m. Train semi-rétractable autopropulseur.
GRANDE-BRETAGNE									
BROOKLAND Mosquito Gyroplane	1	2	6,65	1 moteur Volkswagen modifié de 90 ch	1	270	135	250	Autogire ultraléger avec hélice propulsive bipale, diamètre 1,14 m.
CIERVA ROTORCRAFT Grasshopper	2	2	9,75	2 moteurs Rolls-Royce O-300 de 145 ch	4		200	400	Hélicoptère. Rotors coaxiaux contrarotatifs.
GADFLY	1	2	11,30	1 moteur Rolls-Royce Continental I O-346 de 165 ch	2	725	200	740	Autogire léger toutes missions. Hélice propulsive bipale arrière.
McCANDLESS M 4 Gyroplane	1	2	6,70	1 moteur Volkswagen 1 600 cm ³ de 60 ch	1	230	130		Autogire ultraléger avec hélice propulsive arrière bipale.
WALLIS WA-116	1	2	6,20	1 moteur McCullouch 4318 A de 72 ch	1	250	185	225	Autogire ultraléger avec hélice propulsive arrière bipale, diamètre 1,15 m. Version WA-117 avec moteur Rolls-Royce/Continental O-200 de 100 ch.
WESTLAND Wessex	1	4	17,10	2 turbines Rolls-Royce Gnome de 1 550 ch	16	6 100	215	500	Version à turbines du Sikorsky S-58. Rotor anticouple arrière quadriplane, diamètre 2,90 m. Pales et queue repliables. Versions militaires diverses : transport, transport d'assaut, lutte anti-sous-marine, etc.
WG-13	1	4	12,80	2 turbines Rolls-Royce de 900 ch	12	3 630	300	870	Hélicoptère moyen du programme commun franco-britannique. Toutes missions militaires et civiles. Rotor anticouple arrière quadriplane, diamètre 2,20 m.
Scout/Wasp	1	4	9,85	1 turbine Rolls-Royce Nimbus 503 de 710 ch	6	2 400	210	500	Hélicoptère tous services, civil et militaire. Rotor anticouple arrière bipale, diamètre 2,30 m. Pales et queue repliables.
INDONÉSIE									
LIPNUR Manjang	1	2	6,40	1 moteur Continental de 100 ch	1	520	145		Hélicoptère léger. Rotor anticouple arrière bipale, diamètre 1,22 m.
ITALIE									
AGUSTA A 101 G	1	6	20,40	3 turbines Rolls-Royce Gnome H-1400 de 1 400 ch	35	12 900	225	425	Hélicoptère civil et militaire, missions diverses. Rotor anticouple arrière à 6 pales, diamètre 4 m. Rampe de chargement arrière.
A 106	1	2	9,50	1 turbine Turbomeca/Agusta TAA 230 de 330 ch	1	1 350	200	530	Hélicoptère léger pour lutte anti-sous-marine. Rotor anticouple arrière bipale. Pales et queue repliables.
A 109	1	4	11,00	2 turbines Allison 250-C 14 de 370 ch	7	2 300	270	535	Hélicoptère moyen, missions diverses. Rotor anticouple arrière bipale, diamètre 2 m. Train escamotable.
MANZOLINI Libellula III	2	2	10,00	1 moteur Omnipol M-332 de 140 ch ou Rolls-Royce/Continental O-300 de 145 ch	2	850	150	300	Hélicoptère léger. Rotors coaxiaux contrarotatifs. Version quadriplace Libellula IV en construction.
U.R.S.S.									
KHARKOV KAI-24	1	3	10,00	1 moteur de 115 ch	2	800			Autogire léger. Hélice propulsive arrière.
KAMOV Ka-20	2	3		2 turbines de 900 ch	12	7 000	220	600	Hélicoptère de lutte anti-sous-marine. Rotors coaxiaux contrarotatifs. En dérive le Ka-25 K, type grue volante.
Ka-26	2	3	13,00	1 moteur M-14 V de 325 ch	7	3 000	170	1 200	Hélicoptère léger toutes missions. Rotors coaxiaux contrarotatifs.
MIL Mi-4	1	4	21,00	1 moteur ASh-82 V de 1 700 ch	8/16	7 800	210	400	Hélicoptère civil et militaire, toutes missions. Rotor anticouple arrière triplane, diamètre 3,60 m. Train pouvant être équipé de flotteurs.
Mi-6	1	5	35,00	2 turbines Soloviev D-25 V de 5 500 ch	65	42 500	300	1 450	Le plus grand hélicoptère du monde. Rotor anticouple arrière quadriplane, diamètre 6,30 m. 2 ailes hautes auxiliaires de courte envergure pour sustentation en vol horizontal. En dérivant les types Mi 10 et 10 K grues volantes.
Mi-8	1	5	21,30	2 turbines Isotov TB-2 de 1 500 ch	28	12 000	230	650	Hélicoptère civil et militaire de transport, passagers ou fret. Rotor anticouple arrière triplane, diamètre 3,80 m. Cabine conditionnée.



LES TECHNIQUES AVANCEES DU VOL VERTICAL

D'un salon aéronautique à l'autre, on trouve toujours de nombreuses et remarquables nouveautés. En ce qui concerne le seul vol vertical, l'évolution actuelle est très rapide.

En formule hélicoptère, on simplifie le rotor en supprimant ses articulations, et on étudie en soufflerie le moyen de l'escamoter en vol horizontal. Quant à la solution autogire, elle réapparaît légèrement modifiée, grâce à d'intéressants artifices. Cela n'empêche pas le développement du convertible, encore que là de longues études restent à faire, ni celui de l'avion à décollage purement vertical.

Et, finalement, on voit apparaître la formule très séduisante de l'aile propulsive, à laquelle seront dévolues les fonctions de sustentation et propulsion.

Le rotor rigide

Le rotor rigide des hélicoptères modernes est maintenant bien connu. Il est constitué de pales rigidement fixées sur un arbre vertical. Chaque pale peut toutefois être plus ou moins braquée, par rotation autour de son axe longitudinal, ce qui lui confère une incidence variable par rapport aux filets d'air. Un tel rotor est très simple au point de vue structural, car il ne contient aucune des arti-

culations des rotors classiques. Le rotor rigide est une nouveauté, et il peut encore, dans certains cas, nécessiter une expérimentation précise.

On a réussi à mettre au point des rotors rigides capables de conserver une certaine flexibilité en faisant appel, en particulier, à des matériaux composites. Lockheed utilise des pales avec longeron et revêtement en acier inoxydable ou en titane. Sud-Aviation et Bölkow réalisent un bord d'attaque avec un longeron en matière plastique renforcée par des fibres de verre. Chez Sikorsky, on expérimente des rotors très rigides en titane et fibres de verre.

Un rotor rigide peut être comparé à une aile d'avion rigidement encastrée dans le fuselage mais suffisamment flexible pour supporter aisément les effets des rafales. Sur un hélicoptère à rotor rigide, le fuselage fait corps avec son rotor, et cette rigidité d'ensemble confère à l'appareil une très grande stabilité. Le « compound » XH-51 A de Lockheed a été souvent présenté effectuant des manœuvres de looping ou de vol sur le dos. Au Bourget, au dernier Salon, 600 000 spectateurs ont pu admirer cette performance.

Avec, en particulier, le SA-341 de Sud-Aviation, une nouvelle génération d'hélicoptères à rotor rigide apparaît sur le marché. Le SA-341 est un appareil léger de cinq places qui doit succéder dès 1970 aux Alouette II de l'Armée. Sa vitesse maximale restera limitée à 290 km/h ; par contre, l'entretien est très simplifié grâce au rotor rigide. Le SA-341 comporte une autre nouveauté intéressante : l'hélice anticouple carénée, noyée dans le fuselage, avec un ensemble de 13 pales. C'est un excellent argument du point de vue de la sécurité au sol. Inclus dans un accord de coopération franco-britannique, le SA-341 est construit en

Au cours des dernières années, le principe de l'aile soufflante fut appliqué à titre expérimental sur deux prototypes XV-5A (ci-contre) de Ryan Aeronautical. On distingue sur la photo les deux soufflantes latérales, alimentées, en vol vertical, par de l'air prélevé à la sortie d'un étage de compression du réacteur. Les deux prototypes totalisèrent 140 heures de vol entre 1964 et 1966 mais furent finalement détruits en cours d'essais. L'un d'eux a été reconstruit et vient d'être livré à la NASA.



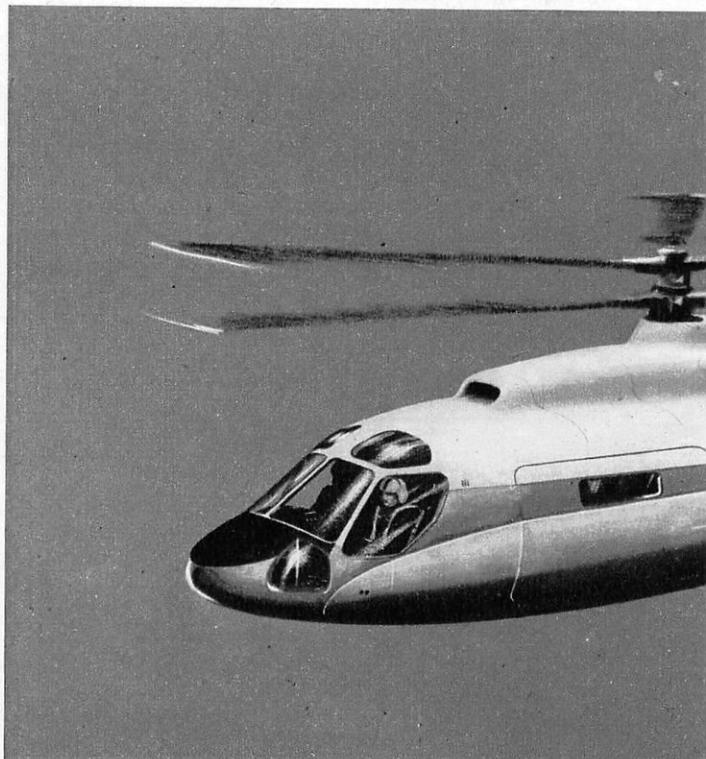
Le système de rotor rigide Bölkow a été appliqué sur l'hélicoptère léger SA-341 développé par Sud-Aviation et caractérisé par son rotor anticouple caréné à l'arrière. D'un poids total au décollage de 1 600 kg, le SA-341 atteint 290 km/h de vitesse de pointe. Il est produit simultanément par Westland et par Sud-Aviation.

Deux rotors rigides montés en superposition et tournant en sens inverse, tel est un des principes de l'Advanced Blade Concept de Sikorsky, qui vise une meilleure répartition des portances sur l'ensemble des pales. L'hélice propulsive arrière permettrait une vitesse de croisière largement supérieure à 500 km/h.

série conjointement par Sud-Aviation et Westland Helicopters Ltd.

L'« Advanced Blade Concept » de Sikorsky

Sur les pales d'un seul rotor, la répartition de la sustentation s'effectue mal et cela d'autant plus que l'hélicoptère doit se déplacer



plus vite. Sikorsky a repris l'idée déjà ancienne des deux rotors coaxiaux tournant en sens inverse, mais en y apportant quelques perfectionnements.

Dans le système ABC (Advanced Blade Concept), chacun des deux rotors est du type rigide, avec une très faible flexibilité. Ceci est réalisé pratiquement sans augmentation de poids, en utilisant du titane (densité 6,7) au lieu d'acier (7,8). La répartition des portances, tant sur les pales avançantes que sur les pales reculantes, est parfaitement équilibrée sur les deux rotors. Il en résulte une sustentation totale supérieure à celle de deux rotors conventionnels, et qui, en outre, augmente avec la vitesse de translation. Sikorsky effectue actuellement, dans le tunnel de la soufflerie d'Ames (USA), de nombreux essais sur un birotor de 12 m qui serait utilisé sur un hélicoptère de 7 500 kg. Cet appareil à la vitesse maximale de 450 km/h sera équipé de deux turbopropulseurs de 1900 ch.

Un grand avenir semble réservé à ce type d'hélicoptère dont un des avantages est une très grande simplicité de construction et de fabrication, jointe à une vitesse de translation nettement supérieure à celle d'un hélicoptère classique.

Un projet Sikorsky de transport de passagers en solution ABC est à l'étude. Cet appareil pourrait transporter une centaine de personnes sur des distances de 400 à 500 km à

une vitesse voisine de 600 km/h. Deux turboréacteurs à double flux installés à l'arrière de l'appareil permettent comme sur le dispositif Rotojet de Sud-Aviation dont nous reparlerons plus loin, d'envoyer un flux d'air vers les pales (entraînement par thermopropulsion) ou vers l'arrière de l'appareil pour assurer la propulsion.

Les combinés

La fonction du rotor sustentateur est remarquable et sans concurrence quand il s'agit de voler verticalement, c'est-à-dire de décoller et atterrir sur un espace très restreint. Par contre, au fur et à mesure que l'appareil acquiert de la vitesse en translation, le rotor est de moins en moins utile. Il est donc séduisant d'installer une aile sur un hélicoptère (même une aile de faible envergure) et de « soulager » le rotor en translation. Dans ces conditions, la dissymétrie aérodynamique entre les pales avançante et reculante, de même que l'apparition en bout de la pale avançante d'une vitesse supersonique, devient moins gênante puisque le rotor porte de moins en moins.

Il faut toutefois installer une deuxième source de puissance sur cet appareil un peu spécial appelé « combiné », afin de permettre le déplacement en translation.

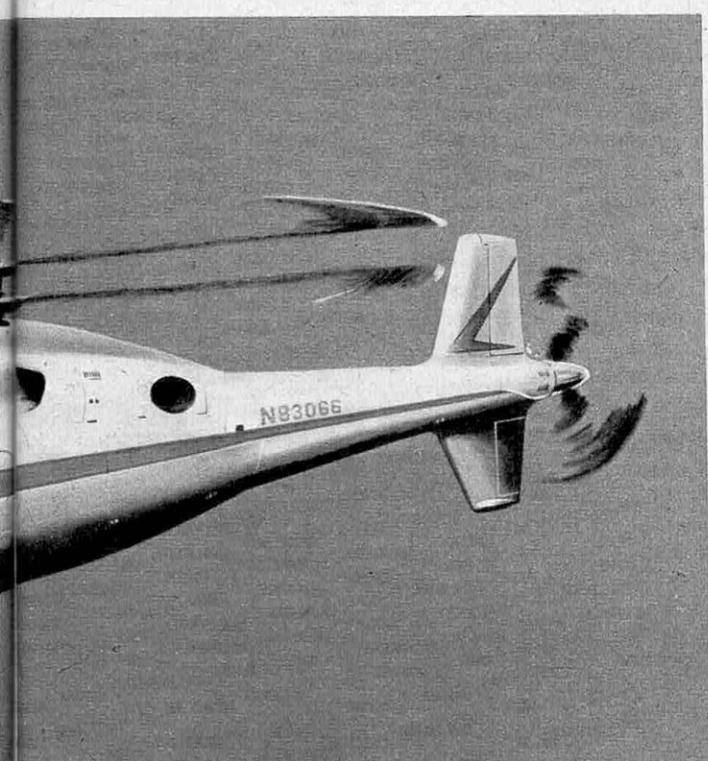
Lockheed a étudié spécialement le problème du combiné en prenant un hélicoptère de série XH-51 A à rotor rigide et en l'équipant d'une aile et d'un turboréacteur (en plus du turbomoteur entraînant le rotor). Cet appareil a pulvérisé les records en atteignant 484 km/h.

Un autre combiné de Lockheed, le Cheyenne AH-56 A, est un appareil de 7 730 kg en charge (10 000 kg en surcharge, mais avec décollage et atterrissage en roulant quelques mètres ; on rejoint ici la formule STOL). Il est muni d'un rotor rigide de diamètre 15,40 m, d'un turbomoteur de 3 400 ch dont la puissance est utilisée sur le rotor seul lors des manœuvres de décollage et d'atterrissage, ou à la fois sur le rotor et sur une hélice arrière en vol de translation.

Le Cheyenne est doté d'une vitesse ascendante de 1 040 m à la minute (soit plus de 17 m/s), et il possède un rayon d'action maximal à vide de 4 600 km, ce qui est suffisant pour survoler les USA sans escale.

La formule est séduisante, mais la puissance motrice nécessaire est relativement importante, avec une complication de structure car il y a deux hélices à l'arrière du fuselage.

Une autre configuration est fournie par l'appareil allemand VFW-H3, avec un rotor tri-





pale de conception très simple et deux soufflantes latérales, sortes d'hélices carénées à grand nombre de pales. La puissance motrice est dirigée soit vers le rotor pour les manœuvres de décollage et d'atterrissage, soit vers les soufflantes pour le vol en translation.

D'une façon générale, le combiné est un appareil plus compliqué qu'un hélicoptère ; des phénomènes vibratoires peuvent apparaître en translation à grande vitesse avec le rotor qui continue à tourner, même s'il ne porte rien.

Le combiné a au moins deux concurrents sérieux, le birotor ABC de Sikorsky et le Rotojet de Sud-Aviation.

Naturellement, à vitesse très élevée on ne pourrait plus conserver le rotor en rotation. Pour dépasser 500 km/h avec cette formule, il faut songer à immobiliser le rotor en vol, ou bien à en escamoter les pales à l'intérieur du fuselage.

Des essais récents, effectués en soufflerie sur des maquettes grandeur réelle de voitures tournantes, ont montré qu'il est possible de mettre en rotation puis d'immobiliser un rotor d'hélicoptère au cours d'un vol à grande vitesse.

Lockheed a étudié le projet d'un avion « composite » dont le rotor rigide tripale serait utilisé pour le décollage vertical et la mise en translation jusque vers 250 km/h. Le rotor serait alors stoppé, puis replié et escamoté dans un logement prévu à la partie supérieure du fuselage. Dans cette nouvelle configuration, l'avion pourrait atteindre 600 km/h. Arrivé à proximité du lieu d'atterrissement, une manœuvre inverse permettrait de remettre à nouveau le rotor en fonctionnement et d'atterrir à la verticale.

Toute une série d'applications militaires et

L'hélicoptère d'assaut Lockheed AH-56 A Cheyenne fait l'objet d'une importante commande pour l'US Army. Il comporte une voilure basse de surface importante, un rotor rigide quadripale, une hélice propulsive arrière et une hélice anticinglage montée sur l'empennage. L'ensemble est entraîné par une turbine General Electric T-64 de 3 435 ch. Pesant au décollage près de 8 tonnes, le Cheyenne atteint 400 km/h.

civiles conviendraient à de telles machines qui pourraient être en service d'ici cinq ans. Pour les missions militaires, l'utilisation de terrains très sommairement aménagés serait précieuse et la vitesse de vol serait un avantage évident. Le décollage rapide, joint à une grande souplesse d'utilisation, est très intéressant pour les missions de sauvetage, repêchage en mer, liaison et transport, observation, etc.

Pour les utilisations civiles, la possibilité de se poser au centre même des villes serait un remède à la congestion croissante des aéroports.

Les problèmes d'entretien seraient simplifiés du fait de l'utilisation très brève de la voilure tournante et de ses mécanismes.

On pense aussi à utiliser les pales comme voilure fixe pour la propulsion à grande vitesse. Divers systèmes de propulsion sont possibles : hélice classique ou hélice carénée, poussée d'un réacteur...

Un projet d'engin à rotor rétractable vient d'être remis à l'Aviation Material Laboratory de l'US Army et, sous contrat de la NASA, Lockheed attaque un programme d'essais en soufflerie sur un rotor rétractable en vraie grandeur.



Le VFW H-3, en cours de développement en Allemagne fédérale, pourrait transporter trois personnes à plus de 200 km/h. On remarque en arrière de la cabine l'une des deux soufflantes latérales. La puissance motrice est fournie par deux turbocompresseurs de 150 ch entraînant, en vol vertical, le rotor rigide tripale ou, en vol horizontal, les deux soufflantes. Le poids au décollage serait inférieur à la tonne.

La technique des jets fluides

Il est un autre domaine dont on attend d'ailleurs beaucoup. C'est celui de la thermopropulsion, c'est-à-dire de l'entraînement d'un rotor d'hélicoptère au moyen d'un jet gazeux, un peu comme sur le Djinn de Sud-Aviation, couramment appelé « la 2 CV de l'air »...

On a beaucoup développé ces derniers temps les techniques de jets fluides ; l'expression américaine correspondante est « jet flap », c'est-à-dire littéralement « volet à jet ».

L'instigateur de cette technique est un Français, M. René Dorand, dont l'hélicoptère DH-2011 a été expérimenté avec succès sous forme de maquette par Ling-Temco-Vought. On doit déjà à cette dernière firme le XC-142 A à aile basculante.

La solution Dorand pour le DH-2011 est autrement plus simple. A l'intérieur de chacune des pales sont envoyés des gaz chauds ou de l'air sous pression, avec éjection le long du bord de fuite. Ce jet fluide fonctionne comme une sorte d'aileron ou de volet, et, grâce à sa commande cyclique et à sa commande générale de pas, le pilote peut contrôler parfaitement l'angle qu'il fait avec

le plan de chaque pale. Au point de vue aérodynamique, un braquage convenable permet l'obtention d'une sustentation bien équilibrée, en éliminant au maximum les phénomènes si nuisibles de décrochage sur la pale reculante.

Cette solution du volet fluide est certainement promise à un avenir important. Mais elle suppose au préalable des essais longs et systématiques, concernant en particulier la température et la pression des gaz éjectés.

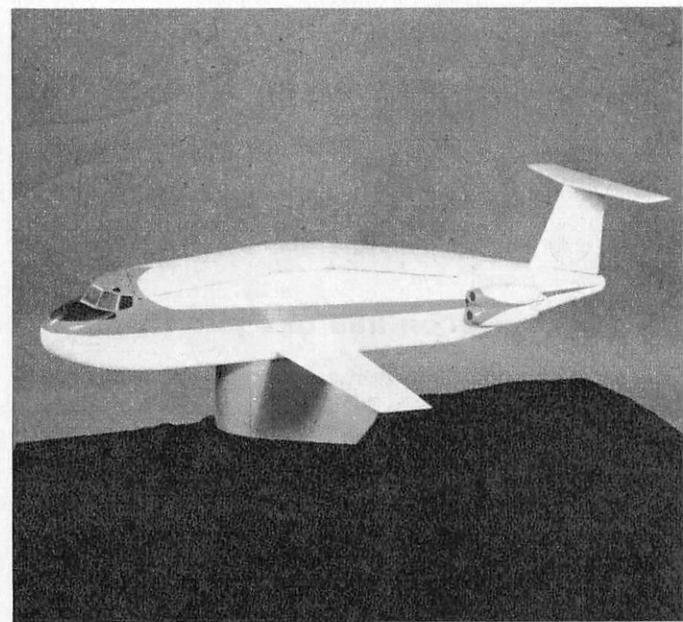
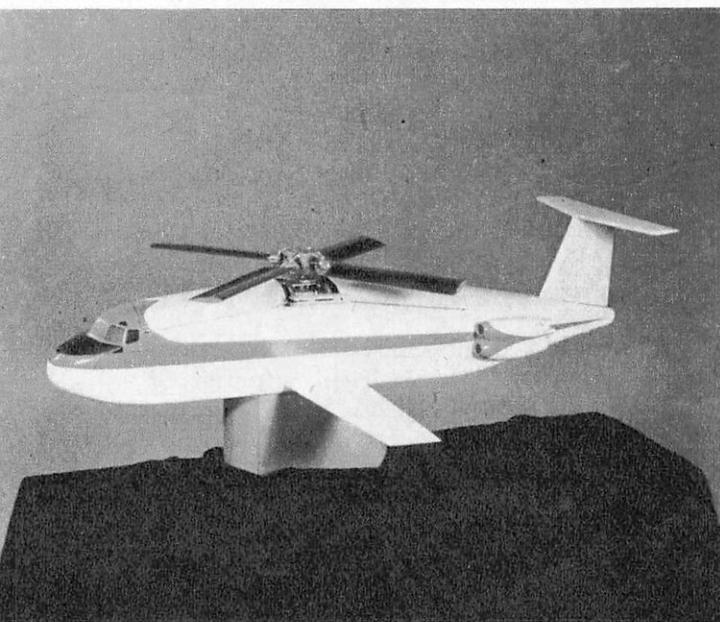
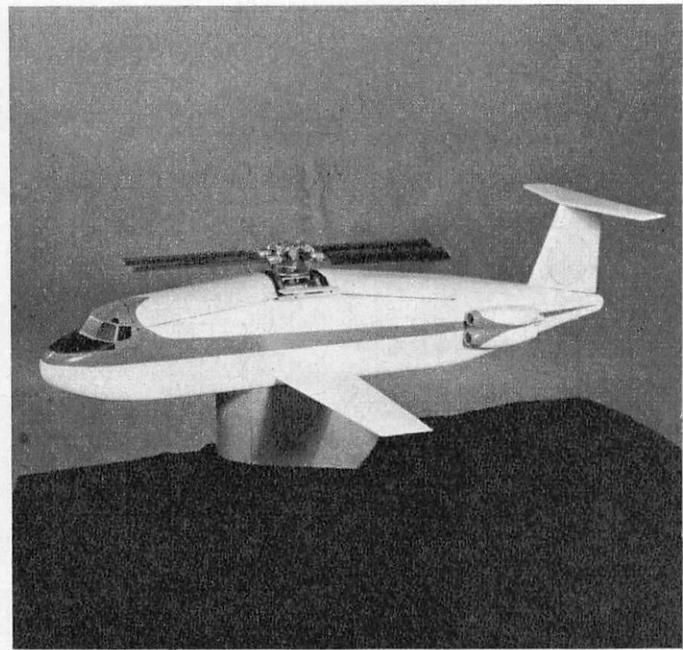
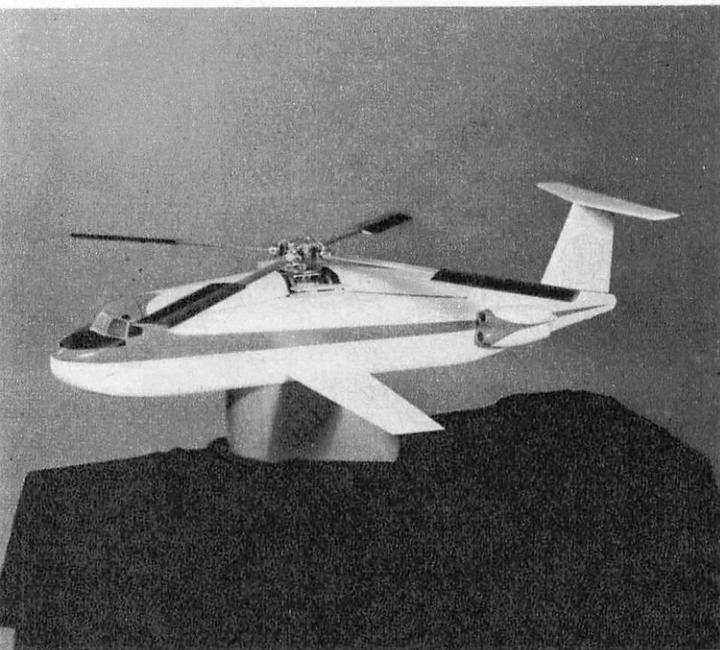
Une nouvelle formule autogire

Pour beaucoup d'entre nous, le terme d'autogire évoque surtout le petit appareil de Juan de la Cierva qui, dès 1920, était capable de décoller et atterrir sur quelques mètres.

Le rotor d'un autogire est très simplifié par rapport à celui d'un hélicoptère. Il tourne en autorotation sur un simple pivot, est lancé au départ et maintenu en rotation grâce au flux d'air de translation.

L'inconvénient de cette formule réside dans le fait que le vol stationnaire est impossible, car le rotor ne pourrait alors plus être maintenu en rotation.

En France, Sud-Aviation reprend cette formule en en éliminant tous les inconvénients. Il s'agit du principe du Rotojet, c'est-à-dire d'un combiné à réaction qui est actuellement au stade des études avancées, avec essais sur maquettes aérodynamiques et réalisation d'un banc d'essai en vraie grandeur. Pour sa propulsion, le Rotojet utilise l'air comprimé froid produit par un compresseur axial entraîné par une turbine de travail (dans laquelle le dernier étage de détente tourne indépendamment de l'arbre principal reliant le compresseur à la turbine). En vol



Plusieurs firmes étudient actuellement des projets de « combinés » à rotor télescopique, voire complètement escamotable en vol de translation. C'est le cas de Sikorsky Aircraft avec son projet TRAC dont la séquence de photographies montre le principe. En vol à grande vitesse, le rotor est progressivement replié ; il disparaît finalement dans un logement spécial

vertical, cet air comprimé est envoyé dans des bras moteurs solidaires du moyeu de rotor. En vol horizontal, l'éjection se fait directement vers l'arrière et le rotor tourne alors en autorotation exactement comme celui d'un autogire.

Cette formule est séduisante par sa simplicité. Elle permettrait de voler vers 400 km/h avec un appareil à rotor classique non repliable ou non escamotable en déchargeant le rotor de sa fonction propulsive. Le Rotojet ne comporte ni transmissions mécaniques, ni rotor anticouple, de sorte que la structure est considérablement simplifiée.

Le groupe turbine-compresseur axial est monté entre le fuselage et le rotor. Des volets, commandés automatiquement par le pilote quand l'angle de pas a la valeur convenable, canalisent le flux d'air comprimé, soit vers les bras d'entraînement du rotor en vol vertical, soit vers la tuyère propulsive en vol horizontal. Le rotor tripale est du type rigide.

Une aile fixe de petites dimensions permet de délester le rotor en vol à grande vitesse. Elle sert aussi de réservoir supplémentaire, de logement pour l'atterrisseur principal et de support aux conteneurs d'armes ou d'engins.

La formule Rotojet satisfait bien aux demandes actuellement prévisibles des utilisateurs de l'appareil léger de la deuxième génération. Elle joint à des performances élevées de vitesse horizontale et à une manœuvrabilité exceptionnelle une grande rusticité et une fiabilité supérieures à celles des appareils de conception classique. Elle a, en outre, l'avantage d'être, non pas l'aboutissement d'une formule, mais le point de départ d'une nouvelle famille d'appareils de tonnages élevés et de vitesses allant jusqu'à la limite des performances généralement assignées aux combinés (400 à 480 km/h), tout en conservant des qualités de simplicité et de rusticité.

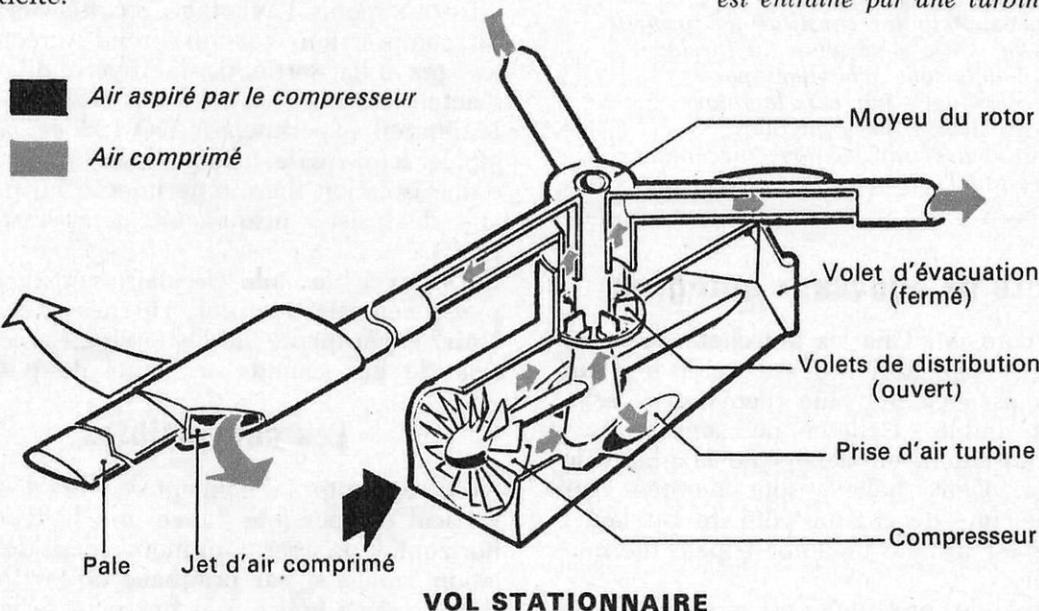
Enfin, des études paraissent montrer que cette formule pourrait servir de base à plus longue échéance au développement d'appareils très rapides (plus de 700 km/h) à rotor stoppable ou escamotable, utilisant le même système propulsif tant en vol stationnaire qu'à grande vitesse.

Dans le « Rotojet » étudié en France par Sud-Aviation, un flux d'air comprimé peut être dirigé soit dans le moyeu du rotor et évacué en bout de pales, soit expulsé vers l'arrière de l'appareil.

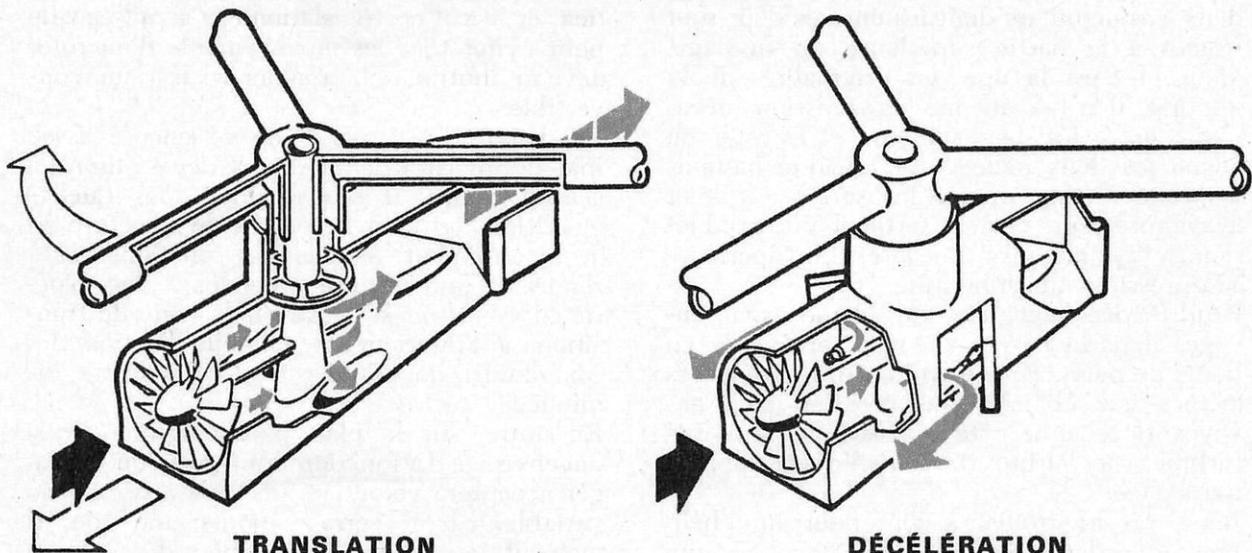
Dans le premier cas, l'ensemble fonctionne en hélicoptère. Dans le second cas, il fonctionne en autogire.

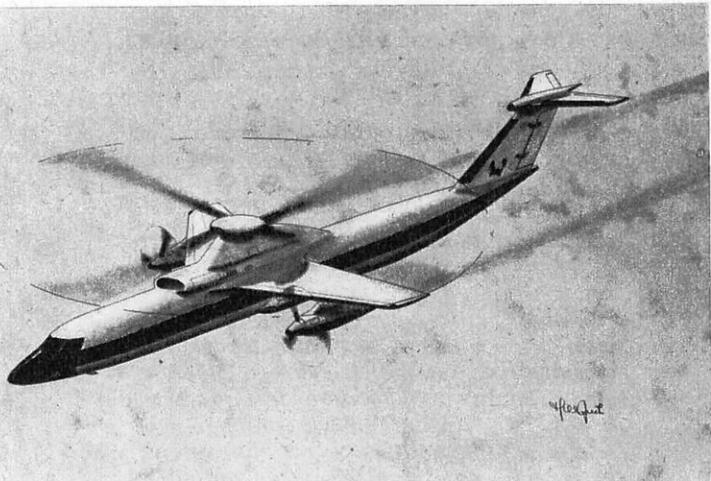
En phase de décélération, un inverseur de jet provoque l'évacuation du flux d'air de propulsion vers l'avant de l'appareil.

Le compresseur, pièce maîtresse de l'ensemble, est entraîné par une turbine à gaz.



VOL STATIONNAIRE





L'engin proposé par Charles Marchetti s'inscrit dans le courant actuel de renaissance de l'autogire. L'hélicigre Marchetti est en fait un appareil de taille respectable, pour le transport de passagers.

Le système moteur est constitué de turbines placées à la partie supérieure du fuselage. Les gaz chauds sont acheminés par conduits calorifugés soit vers le rotor, soit vers les deux hélices latérales. L'élimination des transmissions mécaniques habituelles fait l'originalité du système.

Encore de nouveaux autogires

De son côté, M. Charles Marchetti présente un hélicigre, appareil qui est avant tout un avion, mais avec une aile d'envergure relativement faible. Celle-ci ne sera utilisée qu'en translation, en dehors de la phase de décollage. Deux hélices sont montées sur cette aile, une de chaque côté du fuselage ; en outre est installé un rotor tripale thermopropulsé.

La source de puissance est constituée de deux turbomoteurs dont les entrées d'air sont situées à la partie supérieure du fuselage. Mais, et c'est là une des originalités de la solution, il n'y a aucune transmission mécanique entre les deux moteurs et le rotor ou même les deux hélices. Sur chaque moteur, le premier étage de turbine sert à entraîner le compresseur, et à la sortie il y a production de gaz chauds à une pression supérieure à la pression atmosphérique.

Pour le décollage, ces gaz chauds sont envoyés dans le moyeu du rotor et éjectés en bouts de pales. Pour le vol en translation, ces mêmes gaz chauds sous pression sont envoyés, de chaque côté du fuselage, vers une turbine sur l'arbre de laquelle est montée une hélice.

Ainsi, on ne trouve à l'intérieur de l'hélicigre que des conduits calorifugés, ce qui

élimine poids et vibrations. En outre, il n'y a pas de perte de puissance, car celle-ci est dimensionnée à la juste mesure des nécessités. La propulsion par hélice est toujours très intéressante et se présente avec une faible consommation spécifique de carburant. Quant au rotor, il n'est alimenté en puissance que pour les manœuvres de décollage et d'atterrissement.

Sur l'hélicigre, il n'y a donc aucune mécanique compliquée. L'appareil n'a rien d'un « combiné » sur lequel il faut une deuxième source de puissance pour le vol en translation. C'est certainement une solution de grand avenir.

La firme allemande Dornier a étudié l'hélicoptère thermopropulsé sous le signe de la simplification du système rotor. Elle a réalisé le DO-32, avec éjection d'air froid, puis le DO-132, avec éjection de gaz chauds en bouts de pales. L'utilisation de gaz chauds offre au moins l'avantage d'éviter un étage de compression, car on prend directement les gaz à la sortie de la tuyère du turbo-réacteur.

L'appareil expérimental DO-132 est à rotor bipale semi-rigide, chaque pale étant munie d'une isolation thermique interne lui permettant de résister jusqu'à une température de 750° C.

Enfin, avec une aile circulaire constituant la partie centrale du rotor, Hughes, aux Etats-Unis, expérimente le Deltawing, avec éjection de gaz chauds en bouts de pales.

Les convertibles

Avec un rotor d'hélicoptère, le décollage vertical est possible ; avec une hélice à axe horizontal, on assure un mouvement de translation ; mais, si par braquage de 90° on utilise la même hélice à la fois pour le vol vertical et le vol en translation (ne serait-ce que pour éviter tous les inconvénients d'un rotor devenu inutile), on a alors réalisé un convertible.

Le domaine est très vaste et encore assez mal défini. Il y a au moins deux raisons à cela. D'abord, il faut étudier dans quelles conditions un même élément de structure ou de moteur peut assumer des fonctions différentes. Il faut ensuite procéder à une expérimentation très sérieuse sur la zone de transition, à l'intérieur de laquelle l'action des commandes du pilote est nécessairement diminuée.

En outre, sur le plan psychologique, et si on envisage la fonction transport, un passager acceptera volontiers une aile à géométrie variable, car il verra toujours une aile. Il pourrait par contre lui sembler désagréable

que l'aile ou les moteurs puissent changer de position de 0 à 90°...

Les formules d'appareils à aile, rotor ou moteurs basculants sont toujours compliquées. On connaît le XC-142A de L.T.V. à quatre turbopropulseurs montés sur une aile basculante ; le fuselage est classique et les quatre hélices servent successivement au vol vertical et au vol de translation.

Un autre appareil, le Bell X-22, a des rotors basculants.

Un des plus récents appareils de ce genre, le VFW VC-400, possède deux ailes, l'une à l'avant et l'autre à l'arrière ; sur chacune d'elles sont montés deux turbopropulseurs ; chaque aile peut basculer de la position horizontale à la position verticale.

La firme anglaise Westland s'intéresse au convertible et étudie actuellement le WE-01 et son extrapolation WE-02, tous deux à deux rotors basculants. L'appareil est muni d'un rotor au bout de chaque demi-aile.

Le HFB Y-2A Ranger, en projet en Allemagne, utilise des soufflantes latérales pour le vol vertical, ces soufflantes étant entraînées à partir du circuit des gaz d'échappement des turboréacteurs.

Quelle que soit la solution adoptée, aucun de ces appareils n'est pratiquement limité en vol de translation, en dehors des contingences classiques de traînée de fuselage et de traînées parasites. La vitesse maximale se situe aux environs de 700 à 750 km/h. Cette vitesse n'est toutefois pas supérieure à celle d'un avion à hélices, malgré une puissance plus élevée.

Une formule très simple, actuellement en cours d'expérimentation sur le N-500 de Nord-Aviation, est celle de l'hélice carénée orientable. Il est prévu que, en 1972, le N-501, avec une masse totale de 4 000 kg, puisse transporter sept personnes sur 700 km à la vitesse maximale de 700 km/h.

Un nouveau VTOL

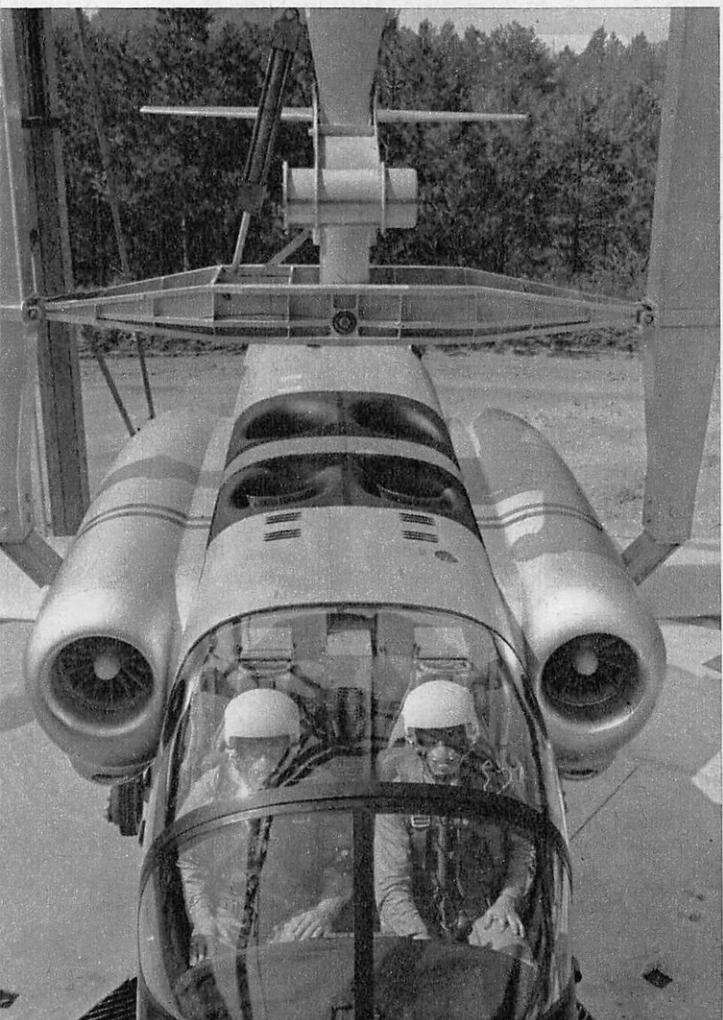
Le Lockheed XV-4B Hummingbird II, appareil à décollage et atterrissage à la verticale, est destiné à l'U.S.Air Force. Il reste encore expérimental et est un des seuls aux U.S.A. à utiliser la sustentation directe par réaction.

Ce biplace est équipé de six réacteurs General Electric J 85-19 de poussée unitaire 1 370 kg : quatre montés verticalement dans le fuselage et deux autres destinés à assurer le vol de croisière. Des vannes permettent de transformer éventuellement la poussée de croisière en poussée de sustentation, tandis que six tuyères d'éjection servent à orienter la poussée de sustentation pour produire l'accélération horizontale. Pour une masse de 5 680 kg, la vitesse maximale attendue du

Dans la ligne de son projet Ranger d'appareil de combat à décollage vertical, Hamburger propose un transport pour 80 passagers. L'appareil comporterait quatre paires de soufflantes pour le vol vertical, entraînées à partir des gaz d'échappement de deux réacteurs fixés sur la voilure.

Les réacteurs assureraient la propulsion normale en croisière.





Le VTOL expérimental Hummingbird II de Lockheed dispose d'un abondant attirail propulsif. Quatre réacteurs General Electric J-85 réglés à 1 370 kg de poussée, montés verticalement dans le fuselage, fournissent la plus grande partie de la poussée de sustentation au décollage et à l'atterrissement. Deux autres, disposés latéralement, assurent la propulsion et fournissent un appont de sustentation par déviation de jet.

Hummingbird XV-4B serait de 750 km/h. Cet appareil comporte un système de stabilisation automatique double dont un élément peut être télécommandé. Il possède également un système d'éjection des pilotes à altitude nulle. Le temps de réaction est approximativement de trois secondes entre le déclenchement de l'éjecteur et l'ouverture complète du parachute.

Les essais préliminaires sont entrepris actuellement sous un portique télescopique inversé permettant la simulation du vol sur l'appareil maintenu captif. On pourra ainsi faire effectuer à l'appareil des mouvements de tangage et de roulis avec des écarts de vingt degrés, ainsi que des lacets de 360 degrés. Un appareil de levage peut hisser l'avion jusqu'à une hauteur de près de 5 mètres. Le montage d'essais est en outre utilisé pour étudier et contrôler les moteurs et les systèmes, ainsi que pour entraîner les pilotes.

L'aile propulsive

Quand on analyse la notion de sustentation d'une aile d'avion ou d'un rotor d'hélicoptère, on trouve toujours — et obligatoirement — un flux d'air qui reçoit une certaine impulsion au contact d'une surface au profil et à la forme parfaitement déterminés. Toute l'aéronautique n'existe d'ailleurs que par ces déflexions variées dont les effets se traduisent de façons très différentes selon qu'il s'agit d'un appareil à décollage vertical, d'un appareil apte à se déplacer à une vitesse nettement supersonique, ou (au prix de quelques difficultés et exigences supplémentaires) d'un appareil capable de toutes ces performances à la fois.

C'est dans ce cadre très général qu'il faut envisager la réalisation de l'aile propulsive, c'est-à-dire d'une aile capable d'assurer à la fois sustentation et propulsion, et cela dans tous les cas de vol.

L'aile propulsive n'est pas une fiction, mais bien une réalité ; des études et essais systématiques sont effectués sur un programme

spécial d'avion VTOL/STOL par Ling-Temco-Vought aux Etats-Unis. La formule ADAM (Air Deflection And Modulation : déflexion et modulation du flux d'air) est rendue possible par la disponibilité sur le marché mondial de réacteurs à double flux. C'est généralement le flux secondaire qui est orienté et commandé au gré du pilote. L'aile propulsive ADAM II comporte quatre soufflantes d'aile disposées symétriquement par rapport à l'axe de l'appareil, et une soufflante avant placée dans l'axe du fuselage. L'ensemble est commandé au moyen de deux réacteurs dont les entrées d'air se trouvent de part et d'autre du fuselage. L'aile reste horizontale, mais les ailerons (ou volets), placés à l'arrière de l'aile, sont braguables. Ainsi peut-on défléchir le flux gazeux depuis la position verticale jusqu'à la position horizontale et, par là même, assurer élégamment toutes les possibilités de vol. On obtient une hypersustentation très poussée pour le vol vertical.

La déviation portant sur le flux secondaire, le souffle est constitué d'air froid, ce qui évite la réduction de l'efficacité des réacteurs lorsqu'ils absorbent des gaz chauds. En même temps, aucune perturbation n'est créée au sol, car tout terrain, quel qu'il soit, peut recevoir un flux d'air à la température ambiante, alors que des difficultés sérieuses apparaissent avec des gaz ou de l'air chauffé à plus de 500° C.

Une telle formule est douée d'une grande souplesse, et ses possibilités d'avenir sont d'autant plus nombreuses qu'on ne voit pas pourquoi on ne pourrait lui faire effectuer du vol supersonique.

Une amorce d'aile propulsive avait déjà été réalisé avec le Ryan Vertifan XV-5 A dans lequel des soufflantes étaient installées à la partie inférieure de l'aile. Soufflant de l'air vers le bas pour le décollage vertical, ces ventilateurs sont entraînés par une turbine actionnée par de l'air prélevé à la sortie d'un des étages de compression. En translation, les réacteurs éjectent leurs gaz chauds vers l'arrière, comme sur tout avion classique.

Pour conclure, provisoirement...

Le rotor d'hélicoptère est un excellent générateur de poussée, et en cas de panne d'un moteur, il s'adapte parfaitement à l'autorotation propre au rotor de l'autogire.

En partant de l'hélicoptère et de son rotor, on peut donc jusqu'à une vitesse de 350 km/h réaliser un appareil vraiment polyvalent, capable de se jouer de toutes les règles de la pesanteur.

Ce rotor souffle de l'air froid, ce qui ne gêne

personne, et cela avec une vitesse d'air voisine de 10 m/s ; sa durée de vie est longue et son entretien relativement simple. Plusieurs types de rotors ont été mis au point et fonctionnent parfaitement.

Si la technologie des rotors-hélices ou des soufflantes de sustentation est séduisante, elle nécessite une expérimentation préalable qui est encore incomplète. Et, en utilisation, il faudra tenir compte de vitesses d'air de 100 m/s pour les rotors basculants, 250 m/s pour les soufflantes de sustentation.

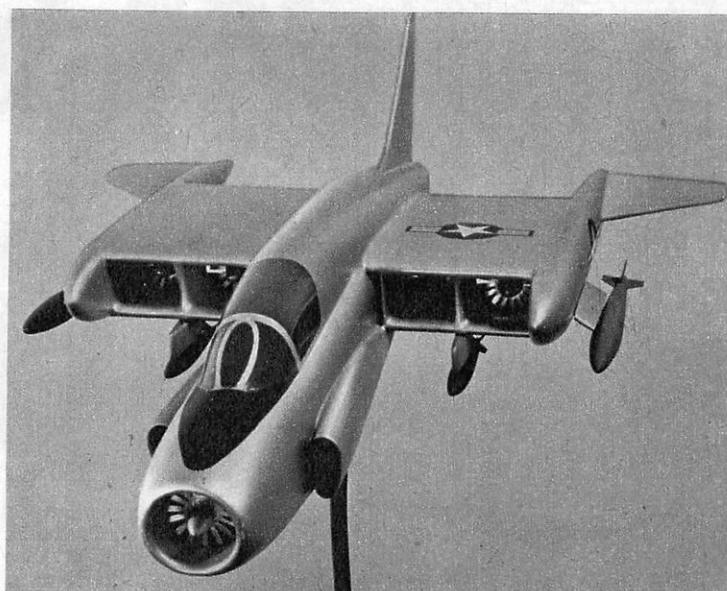
Il est donc normal que l'hélicoptère se développe, et cela au moins sous deux aspects : l'appareil à transmission mécanique avec rotor rigide, et l'appareil thermopropulsé dont la formule se rapproche de celle de l'autogire.

En développant la technique des soufflantes, on voit apparaître l'aile propulsive, qui cumule les avantages de la déflexion d'un jet gazeux avec la simplicité de réalisation d'une structure dont l'assiette reste fixe dans toutes les positions de vol.

Au chapitre des techniques avancées du vol vertical, il y a donc un important programme de recherches à remplir. Les ingénieurs et techniciens ont le champ libre, et cela pour de nombreuses années encore !

Pierre LEFORT

A peine réalisée à l'état de maquette, l'aile propulsive LTV ADAM II est déjà parée d'attributs guerriers que ses pères ne doutent pas de lui voir un jour emporter réellement. On distingue moins bien les quatre soufflantes d'aile, entraînées, comme la soufflante avant, à partir des réacteurs. La déflexion du jet des soufflantes permettra le décollage vertical.



une révolution technologique

LES COMPOSITES



Partie du bois et de la toile à l'époque des frères Wright pour arriver au titane des avions supersoniques, en passant par l'acier et les alliages légers à base d'aluminium, la construction aéronautique affronte aujourd'hui le stade des « matériaux composites ». Les premières réalisations portent sur des filaments à haute résistance, de verre, de bore ou de graphite, noyés dans des plastiques, le plus souvent une résine « époxy ». Mais la formule est en pleine évolution. Elle aboutit à des compositions aussi curieuses que des filaments de graphite enrobés dans de l'aluminium, du titane ou du nickel, la résistance principale étant demandée au graphite et le métal ne jouant guère qu'un rôle de remplissage.

On sait depuis longtemps que l'étirage en filaments minces relève dans de larges limites la résistance d'un métal. Etirée à froid, la « corde à piano » supporte, à section égale, trois fois la charge de l'acier laminé d'où on la tire. A un degré moindre, la supériorité du fil mince explique la constitution et la résistance des câbles d'acier. La nouveauté réside dans l'application du même principe au verre, au bore, au graphite, où l'on pousse la réduction jusqu'à des filaments de quelques centièmes de millimètre de diamètre.

Peut-on qualifier cette innovation de révolution ? On en jugera d'après les chiffres officiels de l'*U.S. Air Force* dont la division spécialisée en composites du *Materials Laboratory* installée à la base de Wright-Patterson a passé depuis quelques années des marchés d'étude de plusieurs millions de dollars avec l'industrie aérospatiale. Elle annonce des réductions de poids de 20 à 40 % sur les derniers éléments de voilure commandés. Des constructeurs de la classe de Bell et de Hamilton Standard confirment ces chiffres. Bell promet un gain de poids de 30 % sur un avion à décollage vertical ou court, se traduisant par un gain de l'ordre de 100 % en charge utile. Plus optimiste encore, Hamilton Standard, premier producteur américain d'hélices, promet pour celles-ci un gain de poids de 75 %. Il prétend même l'appliquer aux ailettes de compresseur, si l'on ose encore appeler ailettes des éléments construits en titane qui, sur les derniers turboréacteurs Pratt et Whitney JT 9 D de 2,44 m de dia-

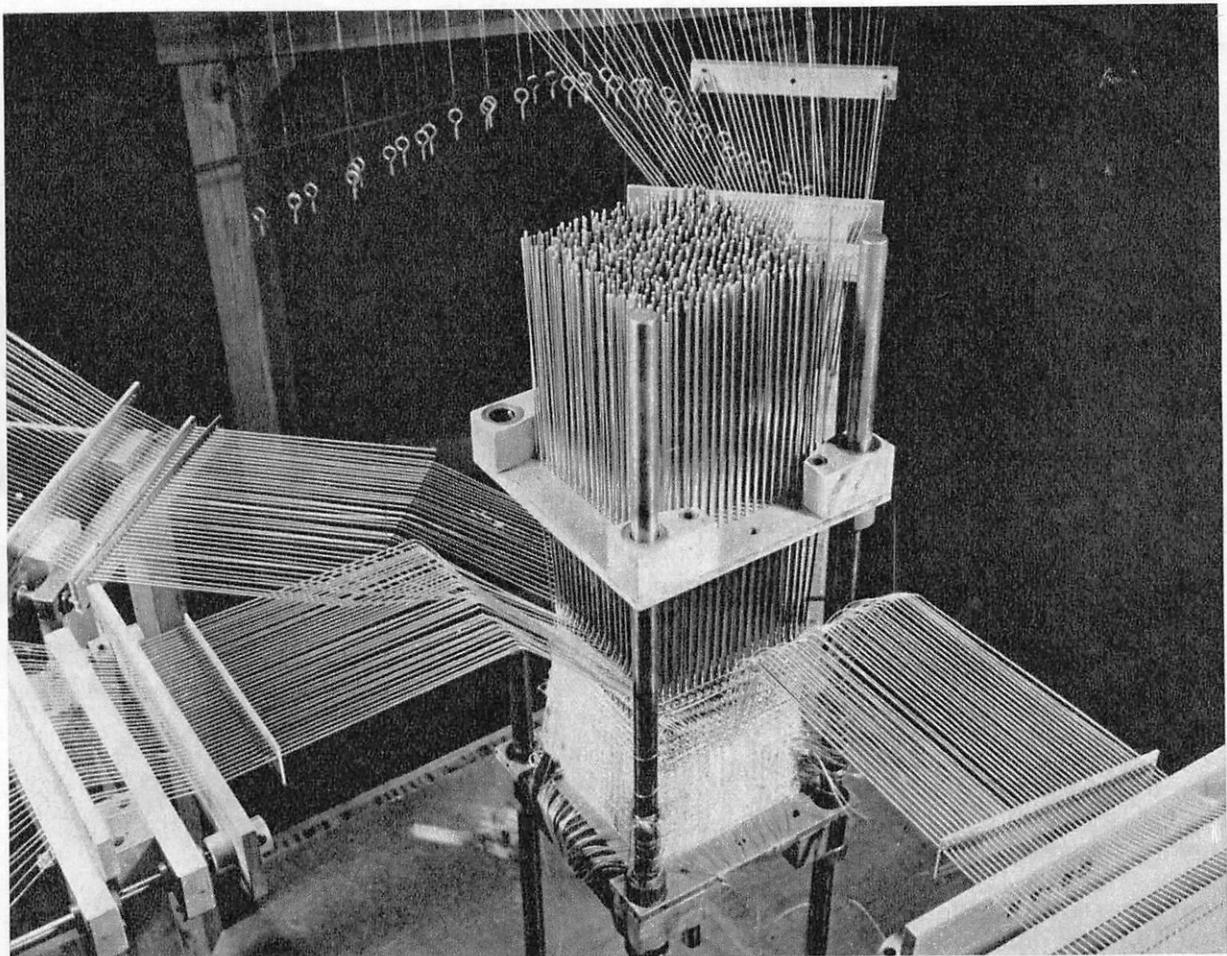
Sous contrat de l'*US Air Force Materials Laboratory*, *McDonnell Douglas* expérimente en vol divers matériaux légers à haute résistance, tels les composites à base de bore. Ceux-ci ont été mis à l'épreuve, sous la forme d'un aileron de voilure, à bord d'un *Skyhawk A 4-C* de l'*US Navy*.



Un composite résine époxy-fibres de carbone à hautes caractéristiques mécaniques a été préféré au titane pour la construction des pales de la soufflante du réacteur Rolls-Royce RB-211. Baptisé « Hyfil », ce matériau de faible densité serait capable, au même titre que le titane, de supporter les énormes forces centrifuges engendrées sur des pales d'un mètre de long.

mètre et 20 200 kg de poussée, atteignent une longueur de l'ordre du mètre.

La révolution déborde d'ailleurs les recherches américaines. En Grande-Bretagne, la responsabilité des composites incombe au *British Royal Aircraft Establishment* de Farnborough. Le plus récent succès est celui de Rolls-Royce, qui vient d'enlever la commande des turboréacteurs RB-211 du premier Airbus, le Lockheed L-1011, et qui prévoit la fourniture du même réacteur sur les Airbus A 300-B étudiés par l'association franco-anglo-allemande de Sud-Aviation, Hawker Siddeley et Deutsche Airbus. Rolls-Royce a choisi le composite graphite-plastique pour les ailettes du premier étage du RB-211, ce que ses concurrents américains éliminés, General Electric et Pratt et Whitney, n'ont pas



L'association fibres de verre-résine fournit des matériaux de faible densité et d'excellent comportement mécanique. Une technique évoluée mise au point par Avco Space Systems est basée sur le tissage des fibres dans trois directions perpendiculaires sur un canevas de tiges d'acier. Le bloc obtenu en fin d'opération est imprégné de résine formant la matrice.

manqué de trouver prématûrément. Le RB-211 a tourné au banc pour la première fois le 31 août 1968. Les essais en atmosphère raréfiée étaient prévus, au *National Gas Turbine Establishment*, pour avril 1969. Les essais en vol auront lieu en 1970, sur un quadriréacteur VC-10 dont deux turboréacteurs Conway seront remplacés par des RB-211. Le premier vol du Lockheed L-1011 équipé de trois RB-211 est prévu pour fin 1970. La poussée doit être relevée, des 18 500 kg prévus pour 1970, à 19 500 kg en 1973 et 22 500 kg en 1975.

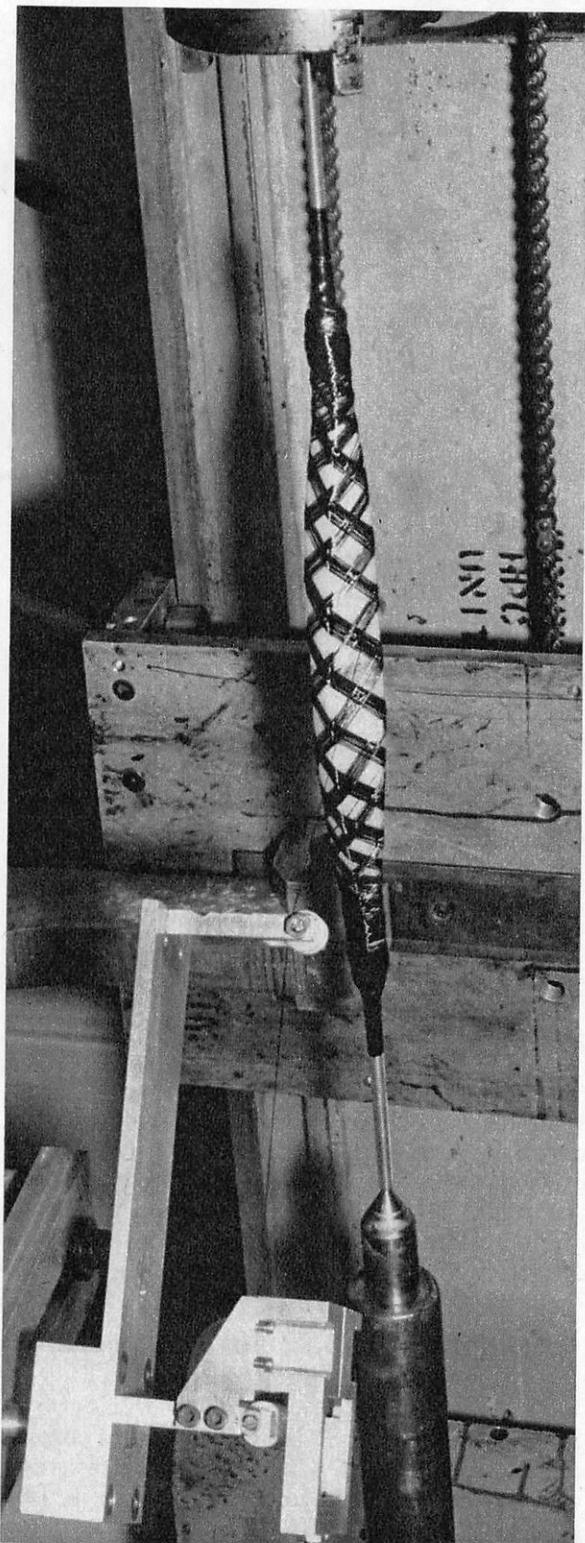
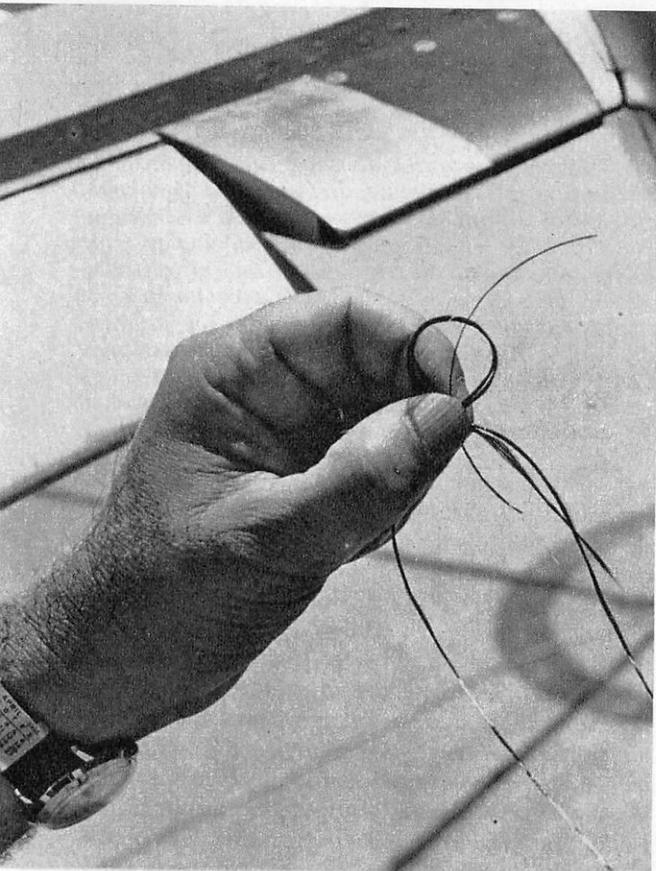
Les premiers essais conduits en France l'ont été par Sud-Aviation, présentant à Marignane, en mai 1968, son prototype d'hélicoptère SA-340-02 avec rotor en plastique et fibres de verre, sur licence allemande de Boelkow.

Les filaments : verre, bore ou graphite

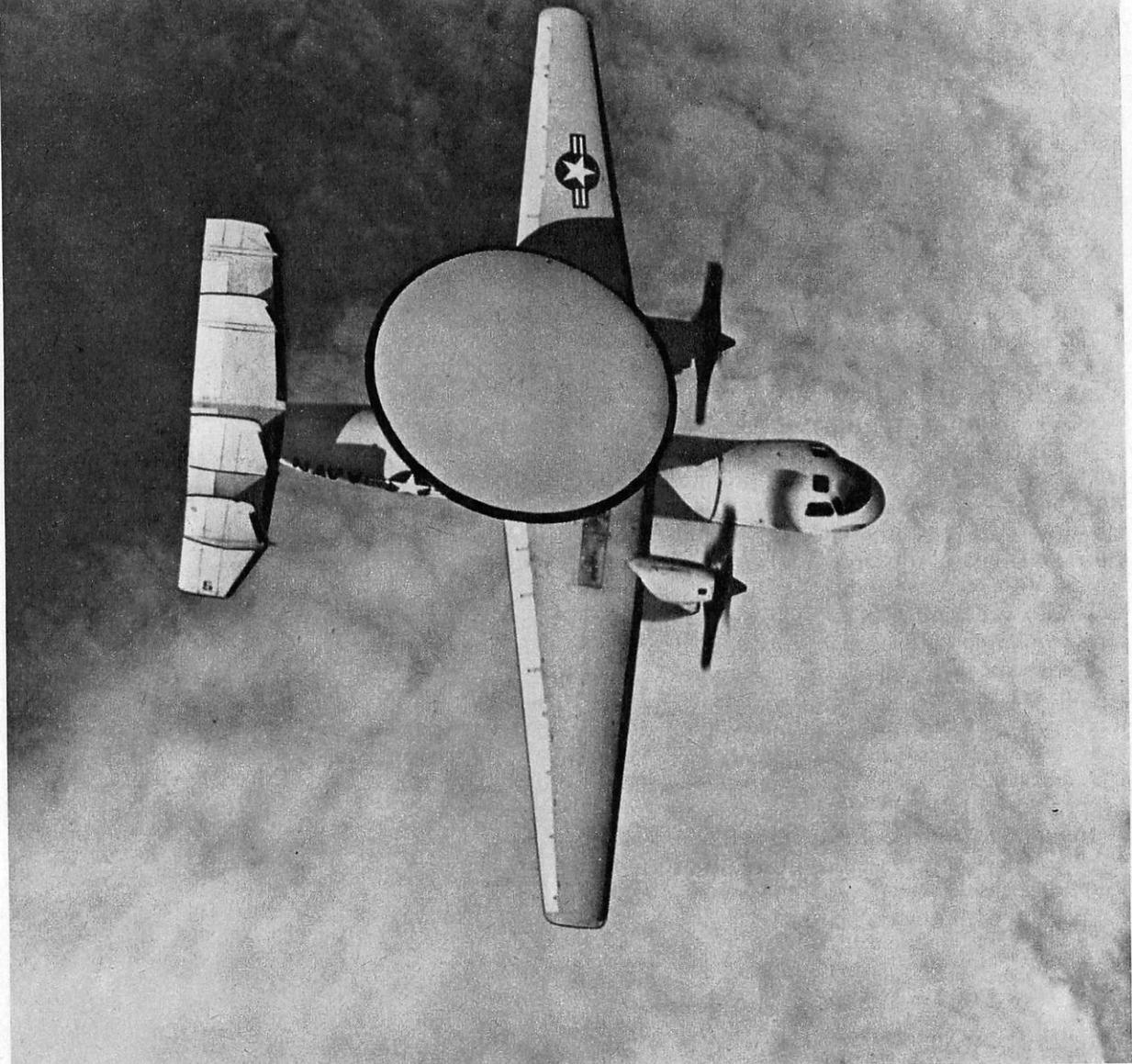
Les premiers essais, déjà anciens, ont porté sur des filaments de verre dans un enrobage de plastique. En 1967, les grandes sociétés françaises de produits chimiques et leurs principaux clients ont fondé le G.I.P.A., Groupement Interprofessionnel du Plastique Armé, qui s'est donné pour objectif de développer l'utilisation de ce matériau. En 1966, la consommation avait été de 182 000 t aux Etats-Unis, suivis, dans l'ordre, par l'Allemagne, la France et la Grande-Bretagne, avec 29 400 t, 28 000 t et 25 200 t respectivement.

Les filaments de bore ont suivi. Ils ont conquis la faveur de l'*U.S. Air Force* dont le *Materials Laboratory* a passé de nombreux marchés à ses fournisseurs. Boeing en a reçu pour des rotors d'hélicoptères Vertol ; McDonnell-Douglas pour des volets arrière d'une voiture en delta sur le chasseur embarqué Skyhawk A-4C et pour le gouvernail de direction du F-4 Phantom II, où il est expérimenté concurremment avec un gouvernail en beryllium ; Hamilton Standard pour des hélices ; General Dynamics pour un empennage.

nage du F-111 A ; Grumman pour des éléments de voilure du chasseur à géométrie variable F-111 B : General Electric pour des véhicules spatiaux de rentrée dans l'atmosphère. Les plus récents de ces filaments, à base de graphite, promettent mieux encore, avec des résistances à la traction dépassant 250 kg/mm² pour un matériau de densité quatre fois moindre que l'acier. Ils ont, comme nous l'avons dit, conquis la faveur des constructeurs britanniques. Les quadri-réacteurs VC-10 et Super VC-10 de la B.O.A.C. sont déjà propulsés par des Conway de 1,27 m de diamètre et 9 900 kg de poussée, dont les ailettes du premier étage de compresseur ont satisfait aux essais du *British Air Registration Board*. De nombreux fabricants les produisent, Courtaulds et Rolls-Royce en Grande-Bretagne, Hitco et Union Carbide aux Etats-Unis. S'ils n'ont pas encore convaincu l'*U.S. Air Force*, la majorité des constructeurs américains, General Electric, Pratt et Whitney, Avco., misent nettement sur l'avenir du graphite. Union Carbide a produit, au stade du laboratoire, des filaments de graphite donnant 360 kg/mm². L'enrobage plastique auquel on a eu le plus fréquemment recours jusqu'ici est une résine époxy. On essaie plusieurs autres plastiques, dont on attend une percée dans ce domaine.



La firme Northrop est associée à un programme d'évaluation de composites à base de graphite. De tels matériaux aux qualités mécaniques supérieures à celles de l'acier sont de 40 % plus légers que l'aluminium. Le composite est formé de filaments de graphite trempés dans une résine et bobinés autour d'une forme selon le profil désiré. Un élément de bord d'attaque en composite a été testé sur un Northrop F-5.



Mais de nombreux utilisateurs misent sur un enrobage métallique. Pratt et Whitney, qui escompte un emploi étendu sur ses turboréacteurs, a déjà publié son choix : plastique ou aluminium jusqu'à 200° C, titane de 200° C à 550° C, nickel au-dessus de 550° C.

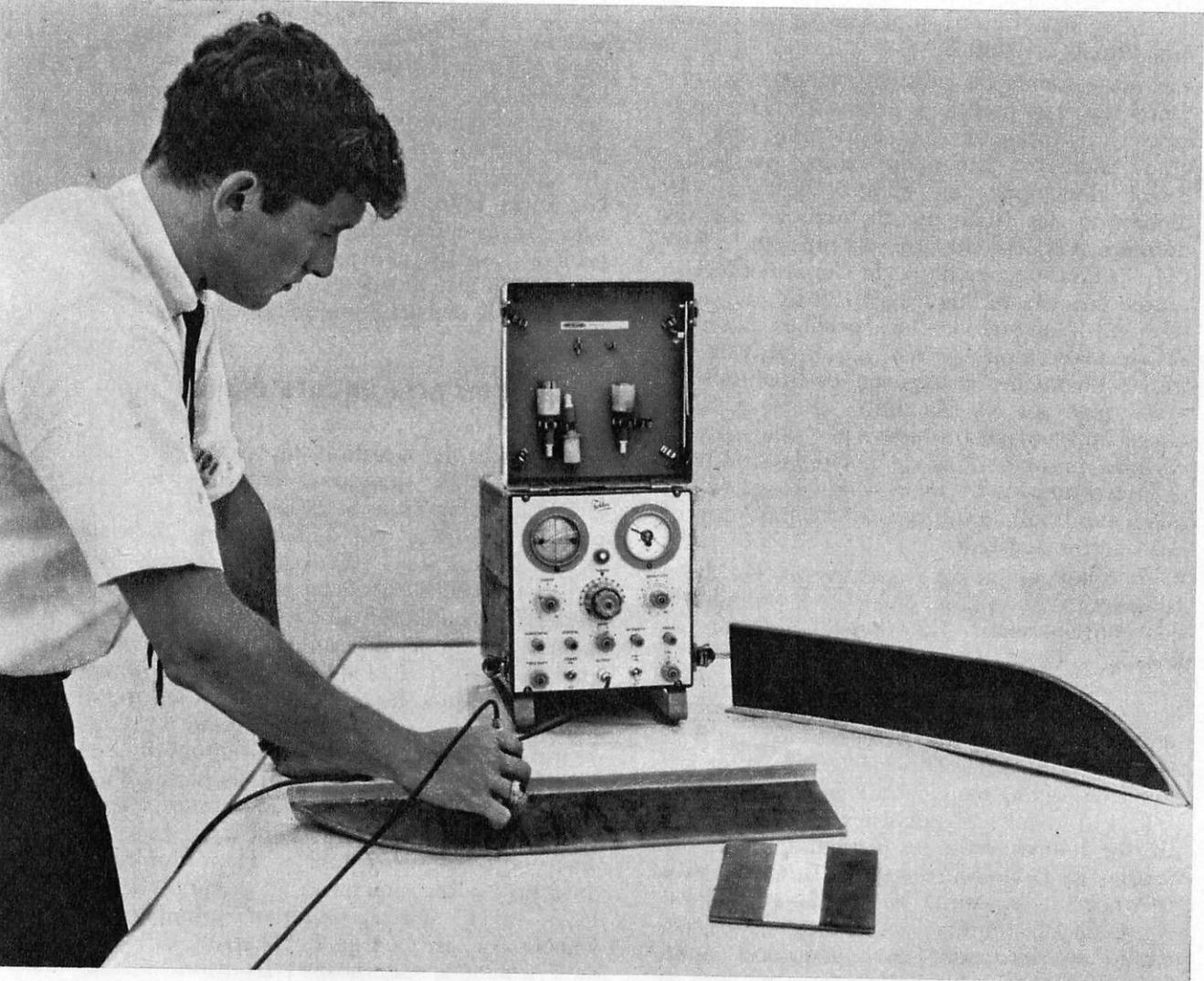
Les applications : turboréacteurs et cellules d'avions

Si le principe de l'allégement par l'emploi d'un graphite deux à trois fois plus résistant que l'acier et quatre fois moins dense ne fait pas de doute, les difficultés à vaincre n'ont pas davantage échappé aux constructeurs. Ainsi, tout en exprimant son optimisme quant à l'avenir des matériaux composites, Pratt et Whitney distingue-t-il, comme les autres, les différentes étapes de ses réalisations : celles de 1970, de 1975, de 1980. La première de ces difficultés tient au principe même d'un matériau formé d'un faisceau de filaments parallèles. Excellente dans le sens des filaments, la résistance tombe à

Plastiques et fibres de verre ont coopéré à la réalisation, déjà ancienne, du Grumman Hawkeye, en service à bord des porte-avions de l'US Navy.

Ce biturbopropulseur est équipé pour la reconnaissance électronique à longue distance et porte à la partie supérieure un radôme tournant de 8 mètres de diamètre. Ce radôme, ainsi que les quatre dérives verticales (qui doivent présenter une bonne transparence au rayonnement de l'émetteur-radar) sont construits en plastique et fibres de verre.

une valeur très faible dans les autres, car celle de l'enrobage, acier, alliages légers, titane, nickel ou plastique, conserve sensiblement la même valeur, très inférieure à la première, dans toutes les directions. Le remède réside dans un tissage au moyen de trois faisceaux de filaments dans trois directions rectangulaires. Une machine automatique a été mise au point par Avco, sur contrat de l'U.S. Air Force, pour ce genre de tissage. Mais l'avantage des matériaux composites apparaît de façon particulièrement nette sur les pièces chargées principalement dans un seul sens.



Utilisés sur une large échelle, des composites de bore (des filaments de bore dans une matrice de résine époxy) pourraient conduire à un gain de 35 % du poids d'un avion, d'où peut-être 100 % de charge embarquable en plus. Un programme de développement est actuellement en cours chez Grumman. On a, en particulier, remplacé une section de voilure d'un A-6 Intruder par un élément homologue en composite, soigneusement examiné (ci-dessus) après plus de 200 heures de vol.

Tel est le cas des pales d'un rotor d'hélicoptère, d'une hélice, des ailettes d'un compresseur, soumises à la force centrifuge et à un effort de flexion s'exerçant dans le même sens.

Le filament et son enrobage ne doivent pas réagir chimiquement. Si le verre comme filament et le plastique comme enrobage s'y prêtent aisément, les filaments de bore ou de graphite et les enrobages de métaux comme l'aluminium, le titane et le nickel ne satisfont guère à cette exigence, surtout aux tem-

pératures de quelques centaines de degrés qu'ils permettent d'atteindre. Hamilton Standard, qui fabrique ses propres filaments, livre sous le nom de « Borsic » des filaments de bore recouverts d'une couche infime de carbure de silicium pour les isoler de l'aluminium dans lequel se fera l'enrobage.

Reste ensuite à faire l'assemblage du filament et de son enrobage. Le même Hamilton Standard y parvient en enroulant autour du filament une feuille d'aluminium, à raison de 10 tours au millimètre, en le saupoudrant d'une poudre d'un alliage spécial à base d'aluminium, enfin en chauffant le tout à une pression et à des températures soigneusement contrôlées. Moyennant quoi, il obtient un composite à 50 % en volume de Borsic et 50 % d'alliage léger.

L'assemblage des différentes pièces présente des difficultés tout aussi sérieuses. Comment monter des ailettes de compresseur sur leur tambour, des pales d'hélices sur leur moyeu ? Bien des essais ont été faits, qui supposent essentiellement un dessin très différent des

pièces en matériaux composites et des pièces métalliques ordinaires.

Les allégements les plus importants sont obtenus sur les premiers étages de compresseur des turboréacteurs à double flux de grand diamètre. En même temps que Rolls-Royce développe en Grande-Bretagne la technique des filaments de carbone sur les dernières versions du Conway puis sur le RB-211, la division réacteurs de General Electric étudie aux Etats-Unis les ailettes de compresseur en filaments de bore enrobés dans un alliage léger. Pratt et Whitney, qui avait entrepris les mêmes études sur les filaments de verre, puis sur les filaments de bore, s'attaque lui aussi au problème des filaments de carbone enrobés dans de nouvelles formules de plastiques ou de métaux. Il escompte des allégements allant jusqu'à 75 % par rapport aux ailettes de titane.

Pales d'hélices ou de rotors se prêtent à un allégement du même ordre que les ailettes de compresseurs. La division Vertol de Boeing détient un contrat depuis juin 1966 pour un rotor d'hélicoptère CH-47 en filaments de verre et résine époxy. En même temps, Sikorsky poursuit ses études, qu'il finance lui-même, pour un petit rotor de queue en filaments de bore et résine époxy. Bell, qui avait entrepris les mêmes études sur ses hélicoptères, les a abandonnées. M. George P. Peterson, directeur de la division *Advanced Composites* de l'*U.S. Air Force*, reconnaît que l'intérêt de la question est nettement moindre pour les hélicoptères légers de Bell que pour les hélicoptères moyens et lourds sur lesquels travaillent Vertol et Sikorsky.

Tout en restant notable, l'intérêt des matériaux composites apparaît moindre sur les cellules d'avions en raison de la complexité des efforts auxquels sont soumis leurs éléments. Les études américaines les plus importantes portent sur la cellule du General Dynamics F-111 à géométrie variable, avec application ultérieure aux deux chasseurs de même formule prévus pour 1975, le F-14 de l'*U.S. Navy* et le F-15 de l'*U.S. Air Force*. Un marché de 3,5 millions de dollars a été passé à Grumman pour une voilure expérimentale de F-111, qu'il pourrait appliquer ensuite au F-14 dont il a reçu le marché en janvier dernier. Le programme d'essais est prévu pour se prolonger jusqu'en 1971. C'est le premier qui porte sur un élément aussi important de la structure d'un avion. L'*U.S. Air Force* compte le faire suivre d'un marché de fuselage. Le composite choisi est une résine époxy avec filaments de bore. Mais le renforcement ultérieur par filaments de graphite n'est pas exclu.

Le marché de voilure a été précédé d'un marché pour un gouvernail de direction du F-4 Phantom II passé à l'été 1968 à McDonnell-Douglas. On a choisi le gouvernail de direction comme objet d'une première étude parce qu'une rupture éventuelle en vol de cet élément ne serait pas catastrophique. Un autre marché a été passé à l'été 1968 avec General Dynamics pour un empennage de F-111 en filaments de bore et résine époxy dont on attend une économie de 30 % par rapport à la construction métallique.

Des prix encore élevés

Reste enfin la question du prix. Pour des commandes de quelques centaines de kilogrammes, Hamilton Standard vend ses filaments de bore à 680 dollars le kg, ceux de Borsic à plus de 1 100 dollars. De tels prix seraient difficiles à accepter, même pour un General Dynamics F-111 qui bat, de loin, le record de cherté des avions militaires avec quelque 150 dollars au kg. Mais l'on a fait remarquer qu'à leurs débuts tous les matériaux nouveaux ont prêté au même reproche de prix excessif, que ce soit l'aluminium et ses premiers alliages il y a une centaine d'années ou le titane depuis la seconde guerre mondiale. Les prix tomberont à mesure que l'emploi se développera et Hamilton Standard espère les ramener à 50 dollars le kg en 1973, avec une production annuelle de 500 000 kg. M. George P. Paterson, directeur de l'*Advanced Composites Division*, partage cet espoir. Aussi l'*U.S. Navy* comme l'*U.S. Air Force* tablent dès maintenant sur la construction en matériaux composites des F-14 et F-15 prévus pour 1975. Devant la perspective d'un doublement des charges utiles, les constructeurs américains d'avions de transport s'apprêtent à suivre.

Les retombées de cette réalisation de pointe qu'est l'introduction des matériaux composites dans l'industrie aérospatiale commencent à apparaître. Lors de la course du Mans en 1968, la carrosserie des Ford GT-40 a fait appel à un polyester renforcé de filaments de verre. Construite en Grande-Bretagne par *Glass Fiber Engineering Ltd*, son poids a été ramené à 63 kg, contre les 225 kg d'une même carrosserie en tôle d'acier. Les points d'attache de la carrosserie sur le châssis étaient renforcés par des feuilles de filaments de graphite enrobés dans du plastique. Porsche, qui remporta la deuxième place, a manifesté l'intention de faire appel, en 1969, aux mêmes matériaux composites.

Camille ROUGERON

Avions de combat

Constructeur et type	Envergure (m)	Longueur (m)	Poids maximum au décollage (kg)	Propulsion	Vitesse maximum ou de croisière (km/h)	Équipage	Autonomie maximum (km)	Observations
ALLEMAGNE FÉDÉRALE VEREINIGTE FLUGTECHNISCHE WERKE VAK 191 B	5,60	13,50	8 000	1 turboréacteur Rolls-Royce (MAN) RB-193 à tuyères orientables. 2 turboréacteurs de sustentation Rolls-Royce (MAN) RB-162 de 2 720 kg		1		Appareil tactique à décollage vertical réalisé en collaboration avec Fiat. Aile haute en flèche.
ARGENTINE DINFIA IA-58	14,40	13,40	5 500	2 turbopropulseurs	480	2	3 600	Pour guerre anti-subversive.
ÉGYPTE HELWAN HA-300	5,90	12,40		1 turboréacteur Helwan E-300 de 2 200 kg	Mach 2,2	1		Intercepteur léger. Aile moyenne en delta à 58°. Siège éjectable Martin-Baker. Prototype.
ÉTATS-UNIS CESSNA A-37 B Dragonfly	10,95	8,95	6 350	2 turboréacteurs General Electric J 85 de 1 300 kg	815	2	1 625	Appareil type lutte anti-subversive pour opérations à partir de terrains courts sommairement aménagés. Ravitaillable en vol. Cockpit conditionné. Armement: minicanon de 7,62 mm à l'avant, bombes et fusées sous les ailes.
GENERAL DYNAMICS F-111 A	19,20 9,74	22,40	31 750	2 turboréacteurs Pratt et Whitney TF 30 de 9 072 kg avec post-combustion	Mach 2,5	2	6 100	Chasseur tactique à géométrie variable. Aile en flèche variable entre 16 et 72,5°. Cockpit pressurisé et conditionné. Capsule avec pilotes éjectable par fusée. Version FB-111 A de bombardement stratégique et RF-111 A de reconnaissance.
GRUMMAN S-2 E Tracker	22,15	13,25	13 220	2 moteurs Wright R-1820 de 1 525 ch	425	4	2 100	Appareil de lutte anti-sous-marin pour porte-avions. Aile haute repliable. Torpilles autoguidées, charges de fond, roquettes.
A-6 A Intruder	16,15	16,65	27 500	2 turboréacteurs Pratt et Whitney J 52 de 4 220 kg	1 000	2	5 200	Appareil tous-temps d'attaque à basse altitude pour porte-avions. Aile moyenne repliable. Sièges éjectables Martin-Baker. Engins Bullpup, bombes classiques ou bombe nucléaire. Version contre-mesures électroniques avec 4 hommes d'équipage.
OV-10 Mohawk	14,60	12,50	8 720	2 turbopropulseurs Lycoming T 53 de 1 100 ch	500	2	2 680	Appareil d'observation et de reconnaissance photo-graphique et radar. Aile moyenne. Cockpit blindé avec sièges éjectables Martin-Baker.
F-14 A				2 turboréacteurs Pratt et Whitney JTF 10 A-27 de 9 000 kg avec post-combustion.	Mach 2	2		Intercepteur tous temps et chasseur-bombardier pour porte-avions. Aile à géométrie variable. Engins Phoenix, Sparrow et Sidewinder.
LOCKHEED F-104 Starfighter	6,70	16,70	13 000	1 turboréacteur General Electric J 79 de 7 165 kg avec postcombustion	Mach 2,2	1	2 400	Chasseur-intercepteur polyvalent. Aile moyenne en flèche à 18°. Peut être ravitaillé en vol. Cockpit pressurisé et conditionné. Siège éjectable Lockheed. Armement: canon Vulcan de 20 mm, bombes, engins air-air Sidewinder et air-surface Bullpup. Versions diverses construites aussi en plusieurs pays d'Europe (Allemagne, Belgique, Italie), au Japon et au Canada.
P-3 C Orion	30,35	35,60	61 000	4 turbopropulseurs Allison T 56 de 4 910 ch	765	10	4 000	Appareil pour lutte anti-sous-marin dérivé du Lockheed Electra. Fuselage pressurisé et conditionné. Mines, charges de fond (éventuellement nucléaires), torpilles, roquettes, engins air-surface Bullpup.
A-11				2 turboréacteurs Pratt et Whitney J 58 de 14 750 kg avec postcombustion	Mach 3,5	2		Intercepteur à grand rayon d'action. Version YF-12A avec sièges éjectables dans des cockpits en tandem, 8 engins air-air Hughes AIM-47 A. Version SR-71 A reconnaissance stratégique, envergure 17 m, longueur 32,75 m.
L.T.V. A-7 E Corsair II	11,80	14,00	19 000	1 turboréacteur Pratt et Whitney TF30 de 5 445 kg avec postcombustion	1 123	1	1 150	Appareil d'appui tactique pour porte-avions. Aile haute repliable, en flèche à 35°. 2 canons de 20 mm bombes, roquettes, engins air-surface Shrike ou Bullpup. Cockpit blindé. Version A-7 D pour l'U.S. Air Force avec Allison TF 41 (Rolls-Royce Spey) de 6 565 kg sans postcombustion. Ravitaillable en vol.
McDONNELL-DOUGLAS F-4 Phantom II	11,70	17,75	24 750	2 turboréacteurs General Electric J 79 de 8 125 kg avec postcombustion	Mach 2,2	2	3 800	Intercepteur et chasseur-bombardier. Aile en flèche à 45°. Ravitaillable en vol. Sièges éjectables Martin-Baker. Armement: engins air-air Sidewinder ou Sparrow III, engins air-surface Bullpup, bombes classiques ou nucléaires, roquettes.
A-4 Skyhawk	8,40	12,28	11 800	1 turboréacteur Pratt et Whitney J 52 de 4 220 kg	1 100	1	3 200	Chasseur-bombardier pour porte-avions de l'U.S. Navy et des Marines. Aile en flèche à 33°. Siège éjectable Douglas. Ravitaillable en vol. Armement: 2 canons de 20 mm, bombes classiques ou nucléaires, engins air-air Sidewinder et air-surface Bullpup, roquettes, torpilles, etc.
NORTH AMERICAN RA-5 Vigilante	16,15	23,11	36 280	2 turboréacteurs General Electric J 79 de 7 710 kg avec postcombustion.	Mach 2,1	2	4 250	Chasseur-bombardier et appareil de reconnaissance tous-temps pour porte-avions. Aile haute repliable, en flèche à 37,5°. Ravitaillable en vol. Sièges éjectables North American. Cockpit pressurisé et conditionné. Engins air-surface, bombes classiques et nucléaires.

AVIONS DE COMBAT (suite)

Constructeur et type	Envergure (m)	Longueur (m)	Poids maximum au décollage (kg)	Propulsion	Vitesse maximum ou de croisière (km/h)	Équipage	Autonomie maximum (km)	Observations
ÉTATS-UNIS (suite)								
OV-10A Bronco	12,20	12,67	4 500	2 turbopropulseurs AiResearch T 76 de 715 ch	450	2	720	Appareil type guerre anti-subversive. Aile haute. Empennage bi-poutre. Sièges éjectables. 4 mitrailleuses de 7,62 mm, bombes, engins Sidewinder.
NORTHROP F-5 Freedom Fighter								
	7,90	13,70	9 100	2 turboréacteurs General Electric J 85 de 1 950 kg avec postcombustion	Mach 1,4	1	2 800	Intercepteur et appareil d'appui tactique et de reconnaissance. Aile en delta à 24°. Construit aussi en Espagne (Casa). 2 canons de 20 mm, engins air-air Sidewinder, air-surface Bullpup, bombes, roquettes. Ravitaillable en vol.
FRANCE								
BREGUET 1150 Atlantic	36,30	31,75	43 500	2 turbopropulseurs Rolls-Royce Tyne RTY 20 (Hispano) de 6 105 ch	610	12	7 700	Appareil de reconnaissance maritime et de lutte anti-sous-marin construit par un consortium européen. Fuselage double bulle avec pont supérieur pressurisé. Aile moyenne. Armement à la partie inférieure: bombes, charges de fond, roquettes, torpilles, engins air-surface à charge classique ou nucléaire.
Jaguar	8,49	15,52	13 500	2 turboréacteurs Turboméca Adour (Rolls-Royce) de 3 150 kg avec postcombustion	Mach 1,7	1/2	4 500	Appareil d'entraînement et d'appui tactique réalisé en coopération avec British Aircraft Corporation. Versions monoplace et biplace. Aile haute en flèche à 40°. Avant du cockpit blindé. Sièges éjectables Martin-Baker. Version avec ravitaillement en vol. Armement: 2 canons Aden de 30 mm, engins air-surface Nord AS-30, engins anti-radar Martel AS-37, engins air-air Sidewinder, roquettes, bombes. Version prévue pour porte-avions.
DASSAULT Mirage III-E	8,22	15,03	13 500	1 turboréacteur SNECMA Atar 9 C de 6 200 kg avec postcombustion; 1 fusée largable SEPR 844 de 1 500 kg	Mach 2,15	1	1 300	Appareil polyvalent à aile en delta à 60,5°. Siège éjectable Martin-Baker. Armement en mission interception: engin air-air Matra R 530, 2 canons DEFA de 30 mm, 2 engins air-air Sidewinder. Pour attaque au sol, bombes de 450 kg, engin air-surface AS-30. Version III-0, construite en Australie, III-S construite en Suisse. Version reconnaissance III-R. Version simplifiée M-5 d'attaque au sol.
Mirage F 1	8,50	15	14 800	1 turboréacteur SNECMA Atar 9 K de 7 160 kg avec postcombustion	Mach 2,2	1	3 300	Intercepteur tous-temps. Aile haute en flèche à 45°. Peut utiliser des terrains sommairement aménagés. Armement: engins air-air Matra R-530 et Sidewinder, 2 canons de 30 mm, bombes, engins air-surface et engins anti-radar.
Mirage G	13	16,80	16 000	1 turboréacteur SNECMA TF-306-E de 9 300 kg avec postcombustion	Mach 2,5	2	6 500	Prototype expérimental d'intercepteur à géométrie variable. Aile haute en flèche entre 20 et 70°.
Mirage III-V	8,75	18	13 400	1 turboréacteur SNECMA TF-106 de 7 600 kg avec postcombustion. 8 turboréacteurs Rolls-Royce RB-162 de 1 600 kg				Prototype expérimental de chasseur-bombardier à décollage vertical dérivé du Mirage III. Réacteurs de sustentation montés par paires au centre du fuselage.
Mirage IV	11,85	23,50	31 600	2 turboréacteurs SNECMA Atar 9 K de 7 000 kg avec postcombustion	Mach 2,2	2	3 200	Bombardier stratégique destiné à porter une bombe nucléaire réalisé en collaboration avec Sud-Aviation et Breguet. Aile moyenne en delta à 60°. Cockpit conditionné. Sièges éjectables Martin-Baker. Ravitaillable en vol.
NORD-AVIATION 501	4,50	8	4 000	1 turbine Lycoming LTC 4-B-II de 3 750 ch	600	2		Appareil d'appui tactique à décollage vertical en cours de développement. Rotors carénés de 1,34 m.
GRANDE-BRETAGNE								
BAC Jet Provost Mk 5	10,75	10,27	3 860	1 turboréacteur Rolls-Royce Viper 202 de 1 135 kg	710	2	1 450	Appareil d'appui tactique dérivé du biplace d'entraînement Jet Provost. Cockpit pressurisé et conditionné. Sièges éjectables Martin-Baker. Armement: mitrailleuses de 7,62 mm, roquettes, bombes.
167	11,25	10,27	5 215	1 turboréacteur Rolls-Royce Viper 535 de 1 645 kg	775	1	2 225	Version guerre anti-subversive du précédent. Cockpit blindé. Armement: mitrailleuse de 7,62 mm, roquettes, bombes.
Lightning	10,60	16,85		2 turboréacteurs Rolls-Royce Avon 210 de 6 545 kg avec postcombustion	Mach > 2	1		Intercepteur tous-temps et chasseur bombardier. Aile moyenne en flèche à 60°. Cockpit pressurisé et réfrigéré. Siège éjectable Martin-Baker. Armement: 2 canons Aden de 30 mm, engins air-air Firebreak, roquettes, bombes. Ravitaillable en vol.
HAWKER-SIDDELEY Harrier	7,70	14,15	7 500	1 turboréacteur Rolls-Royce Pegasus 101 à tuyères orientables de 8 710 kg	Mach 0,95	1	3 200	Appareil d'appui tactique et de reconnaissance à décollage vertical. Aile haute en flèche à 40°. Cockpit pressurisé et conditionné. Siège éjectable Martin-Baker. Armement: 2 canons Aden de 30 mm, roquettes, bombes. Ravitaillable en vol.
Buccaneer	13,40	19,35	28 100	2 turboréacteurs Rolls-Royce Gyron Junior 101 de 3 220 kg ou Rolls Royce Spey RB 168 de 5 105 kg	Mach 1	2	3 700	Chasseur-bombardier pour porte-avions. Aile moyenne en croissant (flèche de 40° à 30°). Cockpit pressurisé et conditionné. Sièges éjectables Martin-Baker. Armement: bombes classiques ou nucléaires, engins Bullpup ou Martel, roquettes. Ravitaillable en vol.
Nimrod	35,00	38,65		4 turboréacteurs Rolls-Royce Spey RB 168 de 5 215 kg		11		Appareil de reconnaissance maritime lointaine, dérivé du Comet 4 C. Aile en flèche à 20°. Cabine pressurisée et conditionnée. Armement anti-sous-marin: bombes, charges de fond, torpilles, mines, engins AS-12 et Martel.

Constructeur et type	Envergure (m)	Longueur (m)	Poids maximum au décollage (kg)	Propulsion	Vitesse maximum ou de croisière (km/h)	Équipage	Autonomie maximum (km)	Observations
INDE HINDUSTAN Maruta	9,00	15,90	9 000	2 turboréacteurs Rolls-Royce Orpheus 703 de 2 200 kg	Mach 1	1		Intercepteur. Aile en flèche. Siège éjectable Martin-Baker. Cockpit pressurisé et conditionné. Armement: 4 canons Aden de 30 mm, bombes, roquettes. Version avec turboréacteurs égyptiens Helwan E 300 à l'étude.
ITALIE AERMACCHI MB. 326	10,80	10,62	4 535	1 turboréacteur Rolls-Royce Viper de 1 545 kg	825	2		Appareil d'appui tactique, type guerre anti-subversive. Cockpit pressurisé et conditionné. Sièges éjectables Martin-Baker. Mitrailleuses de 7,62 mm, bombes, roquettes, engins Sidewinder, AS-11 ou AS-12.
FIAT G. 91 Y	9,00	11,75	8 700	2 turboréacteurs General Electric J 85 de 1 850 kg avec postcombustion	Mach 0,93	1	1 500	Chasseur tactique léger. Aile en flèche à 37°. Cockpit blindé, pressurisé et conditionné. Siège éjectable. 2 canons de 30 mm, bombes et roquettes.
JAPON SHIN MEIWA PX-S	32,80	33,50	39 500	4 turbopropulseurs Ishikawajima-General Electric T 64 de 2 850 ch	550	12	4 700	Hydravion de défense anti-sous-marine. Aile haute. Deux ponts. Armement: 2 torpilles autoguidées, lance-roquettes.
SUÈDE SAAB Draken	9,40	15,35	10 200	1 turboréacteur Rolls-Royce Avon Série 300 (Svenska Flygmotor) de 8 000 kg avec postcombustion	Mach > 2	1	1 200	Intercepteur tous temps et chasseur-bombardier. Aile moyenne en double delta. Cockpit pressurisé et conditionné. Siège éjectable Saab. Armement: 2 canons de 30 mm, 2 à 4 engins Sidewinder ou Falcon, roquettes, bombes. Version reconnaissance lointaine avec autonomie maximale de plus de 3 000 km.
Viggen	10,60	16,30	16 000	1 turboréacteur Pratt et Whitney JT 8 D (Svenska Flygmotor) de 12 000 kg avec postcombustion	Mach > 2			Intercepteur tous-temps et chasseur-bombardier. Voilure principale en delta avec stabiliseur à l'avant (formule « canard »). Cockpit pressurisé et conditionné. Siège éjectable Saab. Engins air-surface Saab Rb 04 et 05, roquettes, bombes, canons de 30 mm; engins air-air en mission d'interception.
105	9,50	10,50	4 500	2 turboréacteurs Turbomeca Aubisque de 745 kg	765	2	1 750	Biréacteur d'entraînement et d'appui tactique. Aile haute en flèche à 12°. Cockpit pressurisé et conditionné. Sièges éjectables. Armement: 2 canons de 30 mm, roquettes, bombes, engins Saab Rb 05. Version 105 TX avec turboréacteur General Electric J 85 de 1 295 kg de poussée.
U.R.S.S.								
BERIEV M-12	27,50	26,00	32 000	2 turbopropulseurs Ivchenko Al-20 D de 4 000 ch	550	4		Appareil amphibie de reconnaissance maritime. Aile haute avec ballonnets.
MIG MiG-21	7,60	12,20	7 575	1 turboréacteur R. 37 F de 5 950 kg avec postcombustion	Mach 2	1	1 200	Intercepteur. Aile moyenne en delta à 60°. Armement: canons, engins air-air.
Mig-23	12,00	24,00	30 000	2 turboréacteurs de 10 000 kg avec postcombustion	Mach 2,8	1		Intercepteur. Aile haute en flèche.
MYASISHCHEV M-4	48,00	46,00	115 000	4 turboréacteurs	Mach 1			Bombardier lourd stratégique. Aile haute en flèche.
SUKHOI Su-7 B	12,50 9,00	15,50	13 000	1 turboréacteur de 10 000 kg	Mach 1,7	1		Chasseur-bombardier. Aile à géométrie variable. 2 canons de 30 mm, roquettes, bombes, engins.
Su-9	8,00	15,50		1 turboréacteur de 10 000 kg	Mach 1,8	1		Intercepteur tous-temps. Aile en delta à 45°.
?	9,00	21,00		2 turboréacteurs	Mach 2,5			Intercepteur. Aile en delta à 45°. Réacteurs côté à côté à l'arrière du fuselage. En dérive une version pour décollage vertical avec réacteurs de sustentation.
TUPOLEV Tu-16	32,50	35,50	67 000	2 turboréacteurs Mikulin AM-3 M de 9 500 kg	945	7	6 400	Bombardier. Aile haute en flèche à 37°. Armement: canons de 23 mm, bombes, engins à longue portée; engins air-surface sur la version navale.
Tu-20	51,00	54,00	155 000	4 turbopropulseurs Kuznetsov NK-12 M de 14 800 ch	800		12 500	Bombardier lourd à grand rayon d'action. Aile haute en flèche à 35°. Version reconnaissance maritime.
Tu-22	25,00	40,00	80 000	2 turboréacteurs	Mach 1,5	2		Bombardier supersonique. Aile en flèche à 50°. Réacteurs à l'arrière.
TU-7	20,00	45 000		2 turboréacteurs	Mach 1,75	2		Intercepteur tous-temps. Aile moyenne en flèche. Engins air-air.
YAKOVLEV Yak-26	12,50 9,00	17,00	12 500	2 turboréacteurs 37-V de 4 000 kg	Mach 0,95	2		Chasseur tous-temps et chasseur-bombardier. Aile à géométrie variable. Canon de 37 mm, roquettes. Version reconnaissance tactique.
Yak-28 Yak-?	12,00 22,00	17,00 15,00	13 000 9 500	2 turboréacteurs 2 turboréacteurs	Mach 1,1	1-2 1		Chasseur supersonique. Aile haute en flèche à 45°. Reconnaissance à haute altitude. Aile haute.
YOUGO-SLAVIE								
SOKO J-1 Jastreb	10,55	10,70	3 550	1 turboréacteur Rolls-Royce Viper 531 de 1 360 kg	820	1	1 500	Appareil léger d'appui tactique. Cockpit pressurisé et conditionné. Siège éjectable Folland. Mitrailleuses Colt de 12,7 mm, roquettes, bombes.
P-2	10,65	7,95	1 625	1 moteur Lycoming GSO-480 de 340 ch	300	1	800	Appareil léger d'appui tactique. Train fixe. 2 mitrailleuses de 7,7 mm, bombes, roquettes.

VERS L'AVION DE COMBAT DE L'AN 2000

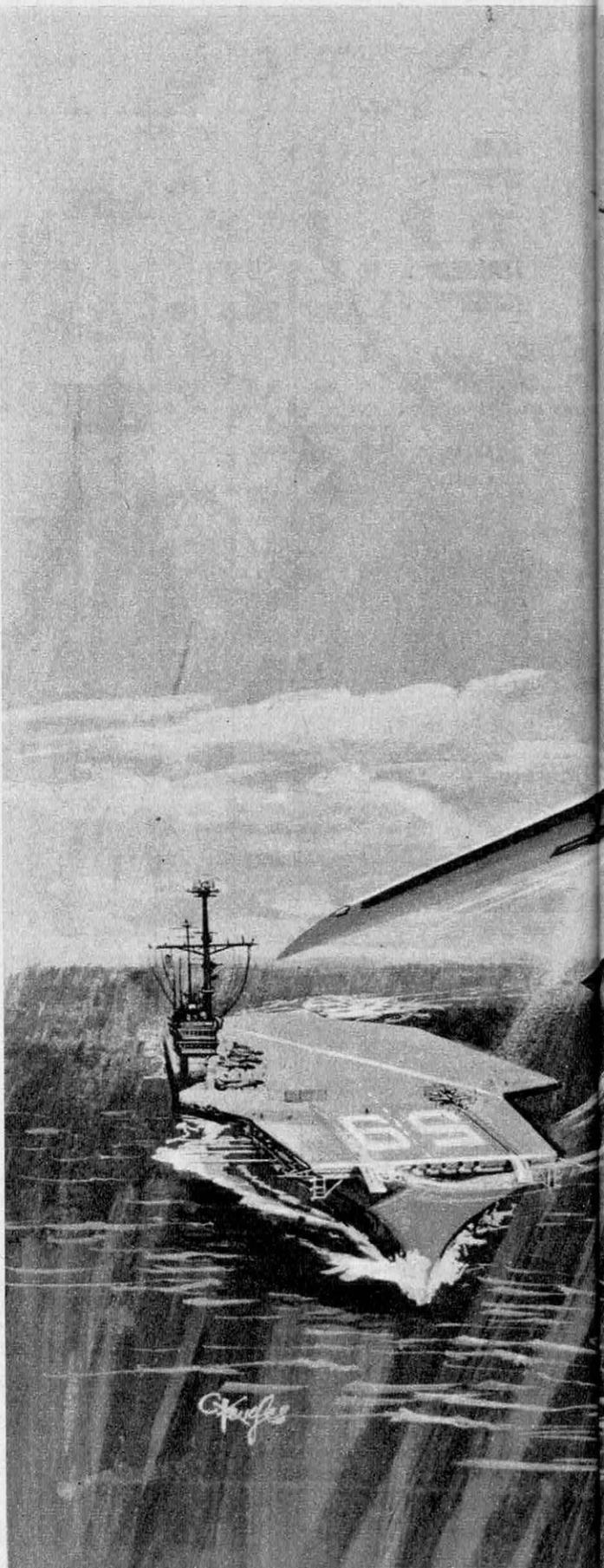
La prospective connaît aujourd'hui un succès indiscutables. Des organismes officiels s'y spécialisent. En France, la Délégation à l'Aménagement du Territoire consacrait un récent numéro de sa revue « 2000 », dont le titre est à lui seul un programme, à un sondage sur le thème : « Comment voyez-vous l'an 2000 ? »

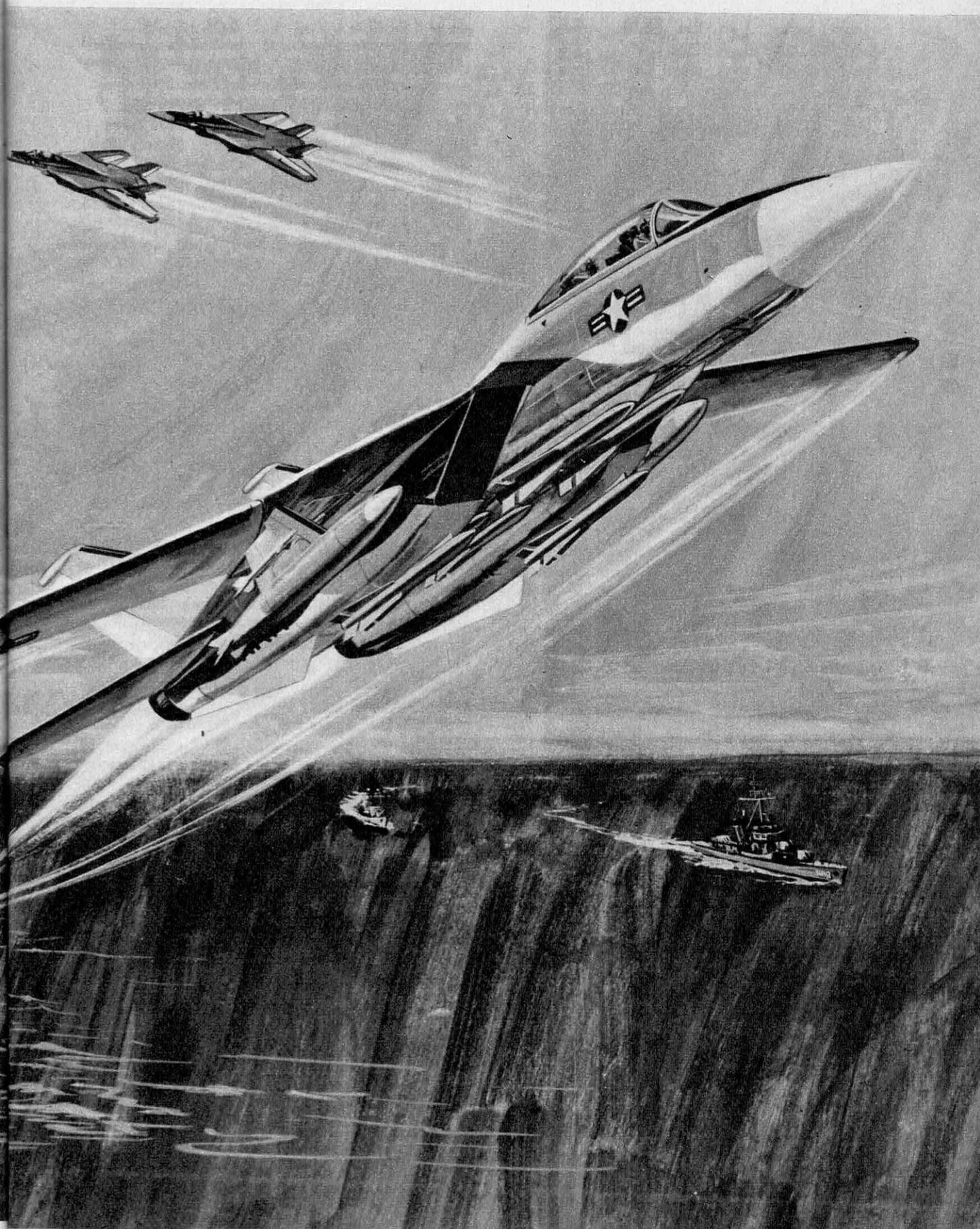
La prospective prétend à l'analyse scientifique de l'avenir. Ce ne sera ni une répétition du passé, ni une suite de situations analogues se produisant dans un monde sans transformations, ni un prolongement par extrapolation de la situation actuelle. La valeur d'une prospective « quantifiée », c'est-à-dire donnant des chiffres et des dates, dépend essentiellement des disciplines auxquelles on prétend l'appliquer. Elle connaît des succès anciens et de plus en plus indiscutables en démographie, d'autres un peu

En janvier dernier, Grumman Engineering remportait le concours VFX d'avion de combat embarqué pour l'U.S. Navy des années 1975.

C'est ce projet F-14, bimoteur à géométrie variable de Mach 2,5 qui est représenté ici, dans ses futures conditions opérationnelles.

Au-delà de l'expérience avortée du F-111 version embarquée, le F-14 comblerait un vide jugé dangereux par l'Etat-major américain.





moins certains en économie. Elle reste, croyons-nous, du domaine de la fantaisie en politique et en art militaire.

En 1819, quinze ans avant que M. de Tocqueville eût découvert et annoncé, dans son ouvrage sur « La Démocratie en Amérique », que les deux Grands du XX^e siècle seraient les Etats-Unis et l'URSS, l'abbé de Pradt le précédait par des considérations purement démographiques. Les Etats-Unis, disait-il, sont partis de 2 500 000 habitants en 1778 pour arriver à 9 millions en 1818 ; ils doivent atteindre les 100 millions en 1920. La Russie possède 45 millions d'habitants « après cinquante siècles de barbarie et un siècle d'essai de civilisation ». Toutes corrections faites quant au retard de la civilisation russe sur celle que l'Angleterre avait importée aux Etats-Unis, l'abbé de Pradt affirmait « qu'il ne faut pas douter que, dans cent ans, la population de la Russie excédera cent millions d'hommes... Les espaces pour les recevoir sont tout préparés ; la terre leur ouvre un sein vierge pour les nourrir... L'industrie formera les élèves qui pourvoiront à leurs besoins... Il n'existe pas une cause capable d'arrêter ces progrès ».

La prévision économique à courte échéance, celle des programmes quinquennaux qui se généralisent en tous pays, n'est pas plus discutée dans le monde libre que dans l'autre. John Maynard Keynes a révolutionné la pensée économique contemporaine avec sa *General Theory*... de 1936, en apportant au monde capitaliste la première explication des crises économiques cycliques qui y sévisaient depuis un siècle. A longue échéance, la prévision économique soulève davantage de réactions défavorables. Cependant, son protagoniste le plus réputé, Colin Clark, pouvait, en 1942, publier « *The Economics of 1960* ». L'exactitude de ses prévisions est d'autant plus remarquable qu'il n'avait à sa disposition que les données des années précédant la seconde guerre mondiale.

La guerre — comme la politique, dont elle est la continuation par d'autres moyens, selon le plus qualifié de ses théoriciens, Clausewitz — ne se prête pas à la prospective. La seule loi qu'elle connaisse est de déjouer toutes les prévisions. Les réseaux de places de 1914 sont tombés à la même cadence que les lignes fortifiées de 1939-45, qu'elles fussent lignes Maginot, Staline ou Siegfried. Qui pouvait annoncer l'échec des missiles sol-air au Nord-Vietnam, l'impuissance d'un corps expéditionnaire américain et d'une armée gouvernementale devant un adversaire cinq fois inférieur en nombre, pour ne rien dire de son armement et de ses ressources ? Après avoir, dans un livre sur « *Les Guerres*

en chaîne », exposé ses craintes de ce que la loi générale sur « l'accélération de l'Histoire » (1) ne s'appliquât à l'intervalle entre guerres mondiales, M. Raymond Aron a fini par se rallier à la thèse de Clausewitz. Nul plus que ce théoricien rationaliste, écrit-il (2), n'a souligné la part du hasard dans la guerre. Et les citations qu'il en donne, extraites du seul chapitre que Clausewitz ait pu rédiger, avant sa mort, sous sa forme définitive, ôtent tous les doutes : « La guerre est le domaine du hasard. Aucune autre sphère de l'activité humaine ne laisse autant de marge à cet étranger ».

Les armes et leurs parades

La formule « toute arme trouve sa parade » justifie aussi bien les exigences des protagonistes d'un armement lourd et coûteux que les prétentions de leurs adversaires à se satisfaire d'un armement léger et économique.

Le major-général J.F.C. Fuller est à classer incontestablement au nombre des premiers. Responsable du plan d'attaque de Cambrai où, le 20 novembre 1917, 350 chars britanniques exécutèrent la première véritable percée du front allemand, il n'a cessé pendant vingt ans de défendre l'emploi du char en grandes unités. Il en a convaincu Hitler. Sa « Guerre des Blindés » a eu le privilège d'être l'un des trois livres de chevet qui devaient, par ordre du maréchal Timochenko, être obligatoirement étudiés par tous les officiers de l'Armée Rouge (les deux autres étant « De la Guerre » de Clausewitz et « La Maîtrise de l'Air » de Douhet). Au lendemain d'Hiroshima, Fuller pouvait affirmer, dans son livre « L'influence de l'Armement sur l'Histoire » que la nouvelle arme « appuyait de façon certaine son affirmation que la victoire provient dans la proportion de 99 % des outils ou des armes... La stratégie, le commandement, les chefs, le courage, la discipline, le ravitaillement, l'organisation et tout l'attirail physique ou moral de la guerre ne sont rien en comparaison d'une grande supériorité dans le domaine de l'armement... Tout au plus forment-ils le un pour cent qui complète le total ». Secrétaire à la Défense de Washington, M. Robert S. McNamara reprenait, il y a quelques années, la thèse de Fuller en faisant valoir la cinquantaine de milliards de dollars d'un budget annuel qui s'est depuis augmenté de moitié : « à ce que ces cinquante milliards achètent, il n'y a pas de substitut ».

(1) « *Les Guerres en chaîne* » (1951 - Gallimard).

(2) « *Paix et Guerre entre les Nations* » (1962 - Calmann-Lévy).

La guerre du Vietnam incite aujourd'hui à mettre en doute ces affirmations. Mais, en quelques siècles d'histoire de l'armement terrestre et naval, et en quelques dizaines d'années pour l'armement aérien, les exemples ne manquent point de cette impuissance des armements lourds et coûteux, défensifs ou offensifs. Si la tendance naturelle de la plupart des armées pousse à leur emploi, le béton de la ligne Maginot n'a pas remporté plus de succès en 1940 que les calibres qui séduisaient alors les protagonistes de l'artillerie lourde à grande puissance ou sur voie ferrée et, quatre ans plus tard, les pièces géantes hitlériennes des côtes atlantiques. Devant les avions légers japonais, les cuirassés américains de 35 000 t n'ont pas mieux résisté à Pearl Harbor que les cuirassés britanniques, qui ne pouvaient pas invoquer la surprise, sur les côtes de Malaisie. Et, depuis les avatars des Superforteresses en Corée, on pouvait prédire que les Stratoforteresses de 221 350 kg n'iraient jamais bombarder Hanoï.

Les débats entre les protagonistes de l'avion géant et du chasseur toutes missions s'étalement sur les cinquante dernières années.

Au lendemain de la Première guerre mon-

Près de 750 Boeing B-52 « Stratofortress » ont été construits pour les escadres du Strategic Air Command américain.

Dans ses dernières versions, le B-52 est équipé de huit réacteurs double-flux Pratt et Whitney TF-33 de 7 700 kg de poussée.

La vitesse maximum est de 1 050 km/h et l'autonomie en carburant de 20 000 km. L'armement normal comporte plusieurs tonnes de bombes et deux missiles à longue portée Hound-Dog.

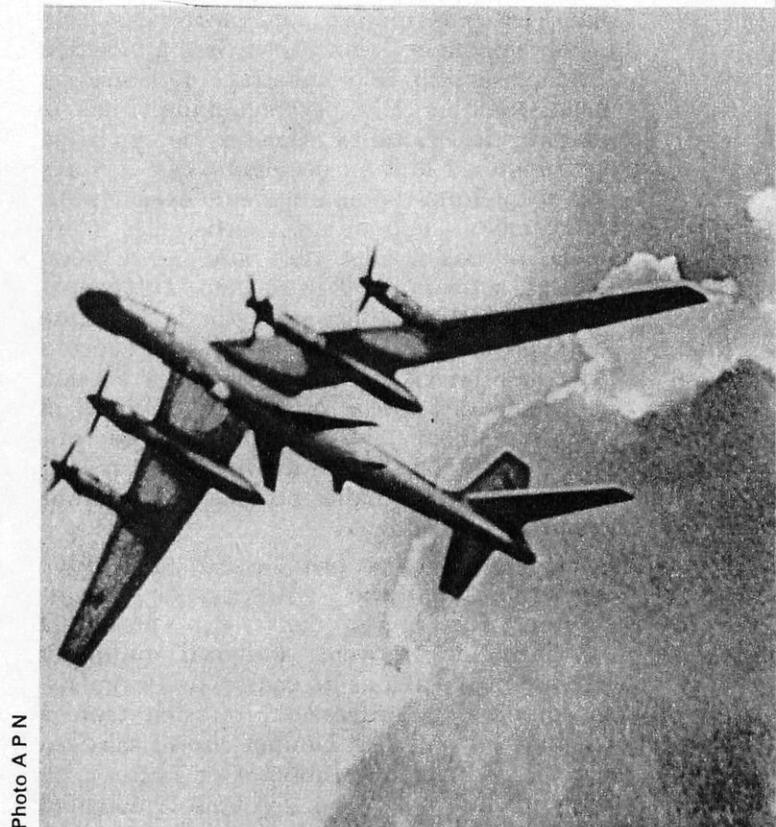
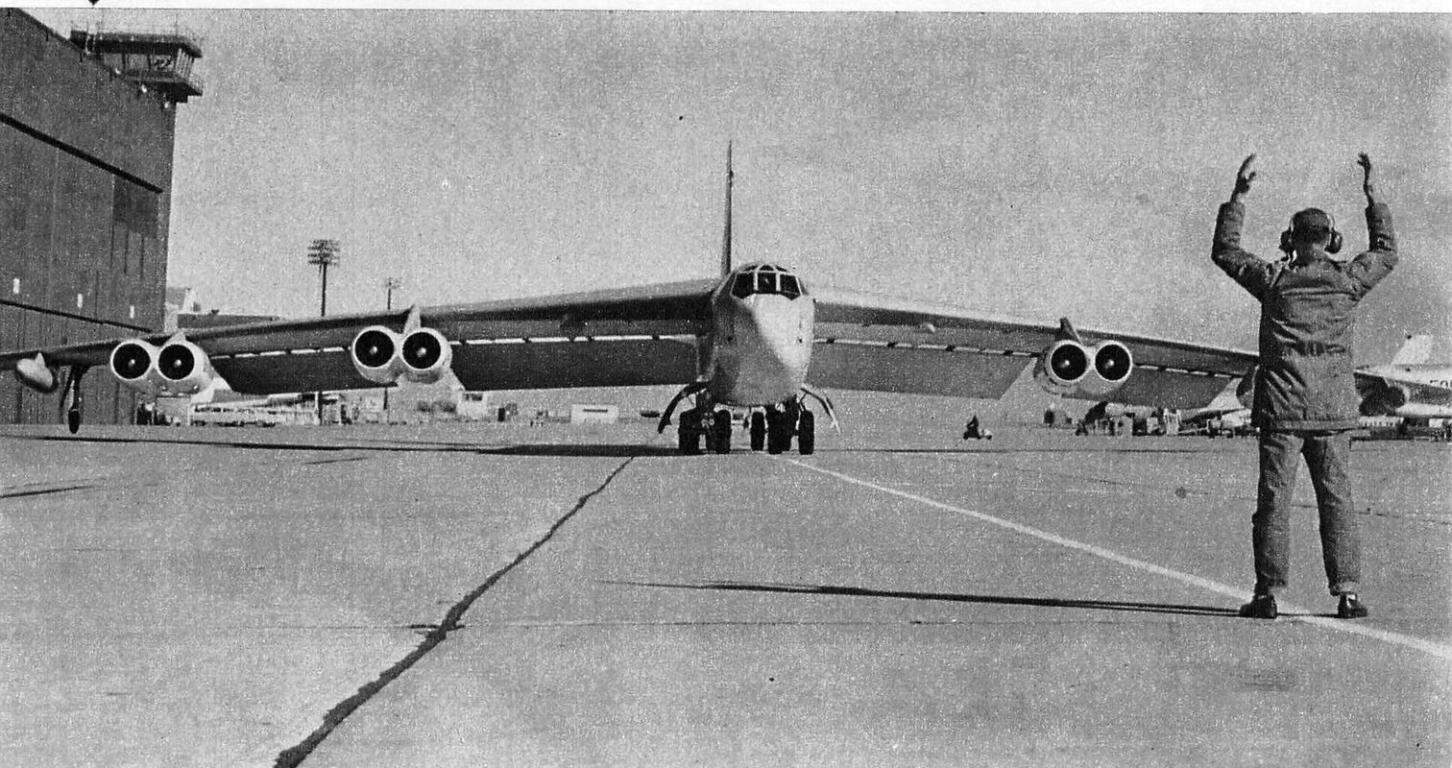


Photo APN

Baptisé « Bear » dans le code des experts de l'OTAN, le Tupolev TU-20 est l'un des représentants de la flotte de bombardiers lourds subsoniques de l'URSS. Voisin du transport TU-114 qui en est dérivé, le TU-20 est animé par quatre turbopropulseurs à deux hélices contrarotatives. Sa vitesse maximale serait de 800 km/h environ et l'autonomie sans ravitaillement de 12 500 km.

Sous le fuselage, on distingue un missile à longue portée « Kangourou ».



diale, les plus réputés des théoriciens militaires voulaient bien accorder à l'action aérienne contre le combattant terrestre ou naval quelque effet psychologique. Mais le nombre des victimes directes de son feu, aussi bien sur le front occidental que lors des 200 et quelques bombardements exécutés sur le « Goeben » échoué aux Dardanelles, n'autorisait pas à aller plus loin. Le général Niessel, subordonnant le succès « à l'occupation du territoire ennemi par le modeste fantassin », manifestait son plein accord avec l'amiral Castex qui le liait « à l'action habituelle des forces organisées de terre et de mer ». Pour l'aviateur plus encore que pour le fantassin ou le marin, le feu n'était que « quantité de balles perdues, et de temps perdu à les perdre ».

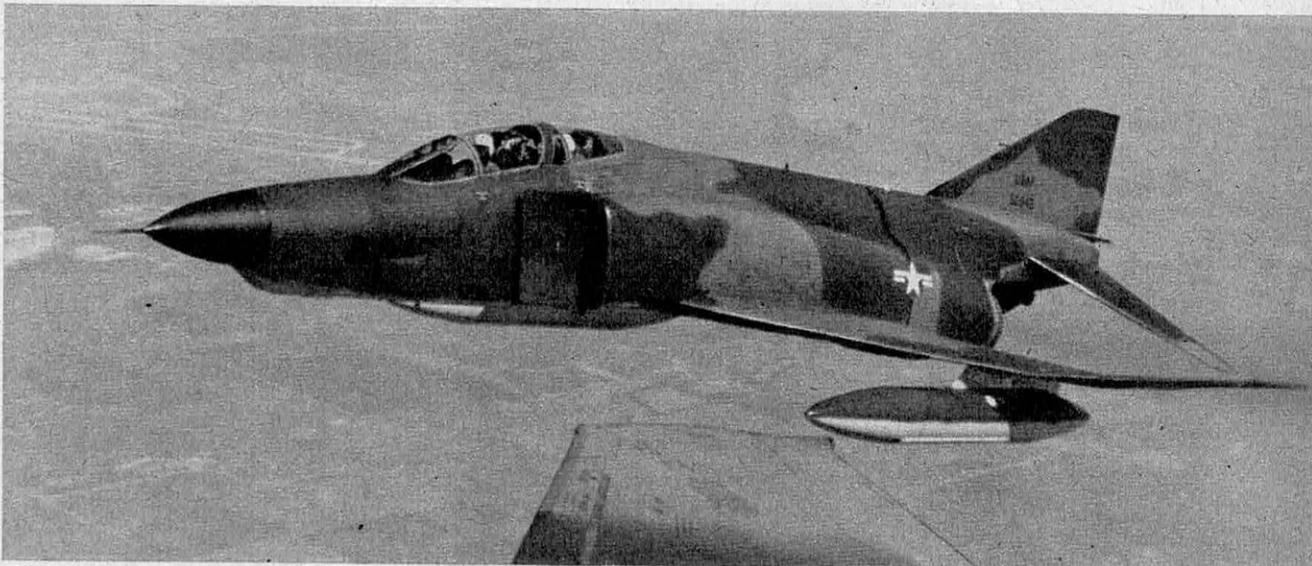
Le général Douhet prit aussitôt la position exactement contraire : « Résister sur terre et sur mer, faire masse dans l'air ». Restait à en choisir les moyens. Fallait-il multiplier les variantes d'avions de chasse, de reconnaissance, de bombardement... ou s'en tenir à un matériel unique ? Douhet choisit sans hésiter la deuxième solution. Cet autre artilleur qu'était Napoléon s'y était vainement essayé : « je voudrais bien qu'il fût possible, disait-il, sans trop faire de dérangement, de n'avoir qu'une seule espèce d'obusiers à l'armée ». Mais on ne peut à la fois promulguer le Code civil, créer la plus belle Université que la France ait connue, doter ce pays d'une Administration que l'Europe lui a enviée pendant un siècle et réformer l'artillerie. A défaut de Napoléon, Douhet connaissait sûrement Lewis Carroll qui, dans son « Alice et le Chevalier Blanc », avait exprimé avec à peine moins d'autorité la même

critique : « quand le Chevalier Blanc partait en voyage, il se faisait suivre d'un nombreux bagage, depuis une souricière, au cas où il serait incommodé par les souris, jusqu'à une ruche, au cas où il rencontrerait un essaim d'abeilles ».

Restait à choisir ce type d'avion toutes missions. Douhet, artilleur, avait le respect de la puissance de feu, du nombre des armes, de leur calibre, de leur vitesse initiale, de leur cadence de tir : « dans le combat, ce qui détermine la victoire, c'est la puissance de feu... Un appareil lent, mais armé de façon à constituer autour de lui un barrage de feu, est en état d'abattre l'appareil de chasse le plus rapide ». Dans sa « Guerre de 19.. », le plus gros des *croiseurs aériens* que Douhet attribuait à von Reuss pesait 36 000 kg, avec une puissance totale de 6 000 ch, deux canons de 37 mm, deux canons de 20 mm et trois mitrailleuses de 12 mm. Sans être copiée intégralement, la formule du croiseur aérien de Douhet connut d'assez brillants succès. Du programme français de 1935 que les plus enthousiastes qualifiaient de « multiplaces de combat » aux Forteresses Volantes américaines, en passant par plusieurs types de « bombardiers lourds » britanniques, la filiation était certaine.

Le principal adversaire de Douhet fut un autre Italien, le commandant Mecozzi, qui finit général après avoir brillamment commandé pendant la campagne d'Ethiopie les premières unités de l'*aviazione d'assalto*. Il refusait le principe de l'unité de matériel, voulait conserver le chasseur et le bombardier, et y ajouter un avion spécialisé dans l'attaque en vol rasant des unités terrestres. Son succès fut encore plus complet que ce-





Après le semi-échec du F-111, le McDonnell Douglas Phantom II reste le meilleur appareil de combat multimissions disponible en Occident. Dans sa version de base (pour l'US Navy et le Marine Corps) le Phantom II est équipé de deux réacteurs General Electric J-79 de 7 500 kg de poussée avec postcombustion. Il a donné lieu à de multiples variantes, dont le RF-4C de reconnaissance « tous temps » de l'US Air Force (ci-dessus).

Le biréacteur Sukhoï « Flagon A » est d'apparition récente dans l'arsenal soviétique.

Cet appareil à voilure delta de la classe Mach 2 à Mach 2,5 a donné lieu à une version à décollage court.

La version représentée ici, équipée de deux missiles air-air « Anab » et d'un volumineux radar dans la pointe avant, semble surtout destinée à l'interception.

lui de Douhet : il convainquit le maréchal Goering. Mais, si le Messerschmitt Me-109 était un chasseur fort respectable qui valait largement le Spitfire et le Hurricane, le Junkers Ju-87 fut le tombeau des aviateurs allemands et les bombardiers, même accompagnés par les Me-109, ne réussirent pas à détruire leurs objectifs britanniques.

Restait une troisième formule, accepter le principe de l'unité de matériel en faisant du chasseur un appareil toutes missions. Présentée en 1936, elle se heurtait aussi bien à l'hostilité des pilotes de chasse qu'à celle des équipages de bombardiers. Goering fut le premier à l'accepter fin 1940, devant l'échec de la Luftwaffe : « si ces acrobates, disait-il en parlant de ses pilotes de chasse, sont incapables de protéger mes bombardiers, je leur ferai porter des bombes eux-mêmes. » L'indignation des as de la chasse allemande ne parvint pas à le flétrir et il fit accrocher des bombes sous les Me-109. Il s'y prenait un peu tard. Il n'avait ni le temps, ni les pilotes, ni les appareils pour ce retournement.

Le chasseur emportant ses bombes en surcharge et capable de se mesurer à égalité avec l'intercepteur après les avoir lâchées répondait à toutes les exigences des missions tactiques et stratégiques. Sans doute pouvait-on difficilement demander à son unique pilote le service des délicats viseurs de bombardement. Il suffisait alors de reprendre le principe du « tir sur zone » de Carnot. Dès 1930, on démontra fort bien que, dans les étroites rades militaires de la Méditerranée, l'arrosage à grande altitude, au hasard, sur l'ensemble de la rade et du port, avait beaucoup plus de chance de détruire les navires que le bombardement individuel d'un objectif aussi bien défendu. L'aviation amé-



Photo APN

ricaine en fit la démonstration, précisément sur Toulon, en renvoyant au fond les restes de la flotte française sabordée à l'arrivée des Allemands et remise à flot par ceux-ci. Mais le bombardement sur zone valait tout aussi bien pour la destruction des populations promues au rang d'objectifs « démographiques ». De Cologne à Hambourg et à Dresde, le concours des viseurs de bombardement de la Royal Air Force et des Forteresses volantes n'a pas dû jouer grand rôle. Sans doute peut-on objecter que la plus grande partie de ces destructions a été demandée au bombardier lourd. Mais, avec quelque 4 % de pertes lors des missions des Britanniques, elles aboutissaient à lâcher sur l'adversaire le même poids de cellules, de moteurs et d'équipages que de bombes. Les usines et les centres de formation les plus développés y pourvoyaient difficilement. Au même moment, les communiqués britanniques rapportaient les prouesses des *Mosquitos* dans ce même genre d'opérations, répétant la formule consacrée : « tous nos Mosquitos sont rentrés à leurs bases ».

Les bombardiers lourds américains ne connaissent pas les mêmes pertes dans le Pacifique, surtout lorsqu'entrèrent en action les Superforteresses qui pouvaient voler au-dessus du plafond des chasseurs japonais. Avec des dégâts au moins équivalents, l'incendie de Tokio ne leur coûta guère plus cher que celui d'Hiroshima. Au début, les Superforteresses réussirent tout aussi bien en Corée. L'entrée en scène des *Mig-15* les obligea à se limiter aux missions tactiques au voisinage du front, où elles ne risquaient pas de mauvaise rencontre, et à confier aux *Sabre* et aux *Thunderjet* les missions stratégiques jusqu'au voisinage du Yalu. L'U.S. Air Force comprit fort bien la leçon et se garda d'expérimenter en Corée, contre les *Mig*, l'hexaréacteur Boeing B-47 Stratojet qui commençait à entrer en service. L'arrivée des Stratoforteresses n'a pas changé sa réserve. On ne s'est pas autorisé le luxe d'en envoyer quelques-unes se faire descendre par un chasseur sur Hanoï ou Haïphong. On les réserves aux opérations sur le Sud-Vietnam et la zone démilitarisée où elles ne risquent pas, à leur altitude de navigation, de rencontrer un *Mig* ou une rafale de mitrailleuse Vietcong.

A la différence des Etats-Unis, de la Grande-Bretagne avec ses bombardiers type V, et de l'URSS avec toutes ses variantes des Tupolev « Bear » et autres, l'aviation française a eu la sagesse de ne pas renouveler la tentative des « multiplaces de combat » de 1935. Les *Mirage III* d'Israël auraient probablement aussi bien réussi en missions stratégiques



Destinée à prendre la relève des B-52 de l'US Air Force, la version bombardement stratégique, ou FB-111 du biréacteur à voilure variable de General Dynamics devait être construite à plus de 200 exemplaires. La commande a été réduite à 120 unités.

sur le Caire qu'en missions tactiques dans le Sinaï. Mais les objectifs « démographiques » soulèvent aujourd'hui plus d'opposition qu'en 1939-45. Toutes les tentatives de l'U.S. Air Force pour donner aux Stratoforteresses un successeur plus moderne, que ce soit le North American XB-70 de Mach 3 ou l'AMSA, ont échoué devant l'obstination de M. McNamara. D'Israël au Japon, les dernières versions des *Mirage* satisferaient fort bien les pays qui peuvent se les procurer et qui sont obligés de se retournier vers les McDonnell-Douglas Phantom pour des raisons indépendantes de leurs désirs.

L'initiative de Goering, fin 1940, encouragea ses adversaires à l'emploi du chasseur contre un objectif apparemment plus coriace encore : le char. L'idée avait été présentée quelques années plus tôt. Si le chasseur peut détruire le navire de ligne, ne pourrait-il pas venir également à bout du char ? Un article de la Revue de l'Armée de l'Air suggéra deux solutions : la bombe-fusée déjà proposée contre le navire et, plus simplement, un canon de moyen calibre à faible vitesse



initiale tirant au cours d'un semi-piqué contre le toit d'un char. Les plus mal protégés d'entre eux, n'ayant pas prévu cet adversaire, n'auraient même pas résisté à ses mitrailleuses. Toutefois, l'éditorial du même numéro faisait quelques réserves sur les chances d'un chasseur de 1 500 kg en bois et toile contre un véhicule blindé et concluait : « Que les mânes des cuirassiers de Reichshoffen laissent l'aviateur en paix ». Dès 1941, les *Hurricane* en Lybie puis, quelques mois plus tard, les *Stormovik* soviétiques surent arrêter avec leurs canons de 37 à 40 mm les divisions blindées italiennes et allemandes. L'hiver 1941-42, les *Stormoviks* y ajoutèrent la bombe-fusée qui, reprise par les chasseurs américains et britanniques en Normandie, bloqua les contre-attaques des *Panzerdivisionen*. Avec le concours de l'avion, la fusée, rejetée naguère pour cause d'imprécision, abattait un char manœuvrant à 1 500 m.

Dans le concours, toujours ouvert, pour l'acquisition de l'avion de combat le mieux adapté à des missions multiples, peu d'appareils auront été, jusqu'à ces dernières années, mieux accueillis à leurs débuts que les différentes versions du General Dynamics F-111 que M. McNamara avait réussi à imposer à l'*U.S. Air Force* et à l'*U.S. Navy*. Le principe de la « géométrie variable », où les ailes se déploient pour faciliter le dé-

collage et l'atterrissement sur faible distance et se replient pour donner aisément, en altitude, les Mach 2,5 demandés à cet appareil, paraissait la solution idéale de ce difficile problème. La commande échut le 24 novembre 1962 à General Dynamics qui fit voler le prototype en décembre 1964. Dans l'intervalle, une commande de 50 appareils avait été placée en Grande-Bretagne ; une autre, de 24 appareils, en Australie. En décembre 1965, une troisième suivait. M. McNamara estimait en effet que, légèrement alourdi, le F-111 ferait un excellent bombardier stratégique, dispensant de chercher un coûteux successeur aux Stratoforteresses. Les difficultés apparurent rapidement. Elles ne mettaient pas en cause le principe même de la géométrie variable, mais soulignaient la nécessité de calculer largement le poids de voilure sur des appareils de cette formule, dès qu'on entendait dépasser 30 000 kg. Boeing, qui l'avait reprise pour son avion de transport supersonique de quelque 300 000 kg, s'est heurté aux mêmes difficultés, tellement graves cette fois qu'il a dû revenir à la formule de l'aile en delta. Mais, jusqu'aux avions de quelque 15 000 kg, aucun problème sérieux ne se posait. L'*U.R.S.S.* s'intéressait de son côté à la formule : deux chasseurs à géométrie variable, un *Mikoyan* et un *Sukhoï*, étaient présentés à Domodedovo en juillet 1967.

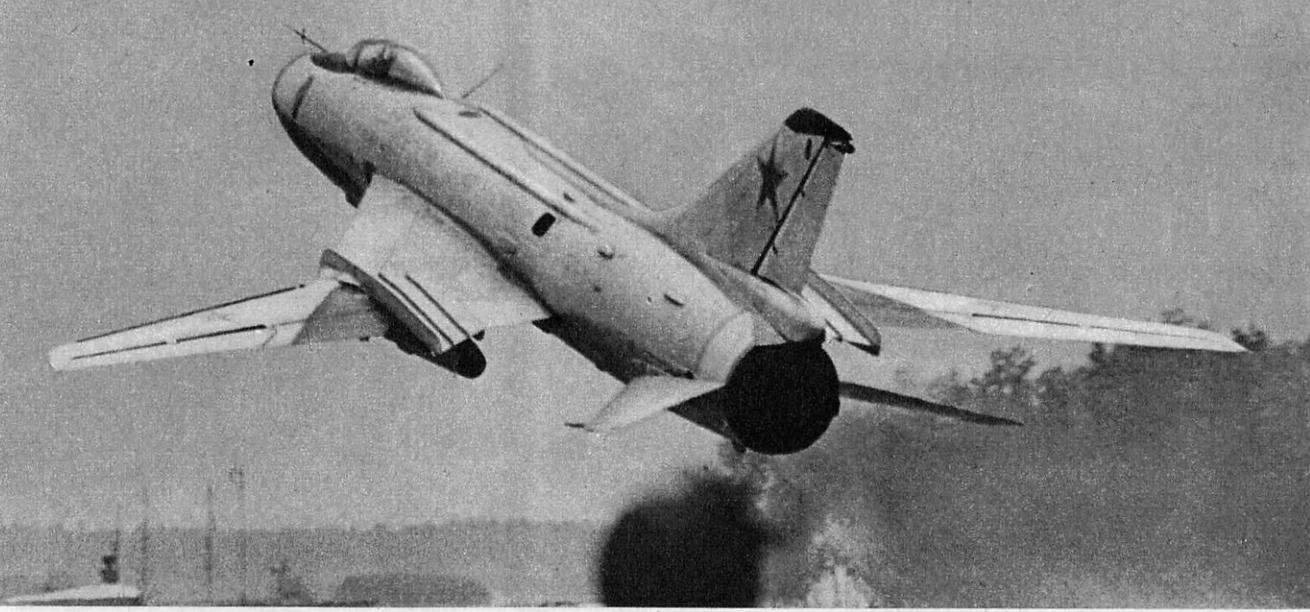


Photo agence Tass

Il existe au moins deux appareils de combat soviétiques à géométrie variable. Le SU-7, photographié ici au décollage, n'est qu'une application modeste du principe. Il dérive d'un appareil d'appui tactique de conception classique, et seul le panneau externe de l'aile (long de 4 m) est mobile.

L'U.S. Navy ne s'était pas laissée convaincre aisément que le même avion pût équiper ses porte-avions et servir de chasseur à l'U.S. Air Force. Elle le trouvait déjà trop lourd aux 31 000 kg promis. Dès que le renforcement de la voilure se révéla indispensable, elle abandonna le projet, se réservant de faire étudier un appareil exactement adapté aux besoins de son aviation embarquée. Le concours vient d'aboutir en janvier. Le gagnant est Grumman, avec un F-14A à géométrie variable ne dépassant pas les 24 000 kg, que l'on commanderait à 493 exemplaires. Les crédits sont portés à 239 millions de dollars pour le prochain budget. Le projet est classé parmi les plus urgents de l'U.S. Navy. Elle ne dispose en effet que de McDonnell Phantom II à voilure en flèche, dont le projet remonte à 1954. Ce sont d'excellents appareils dont les Etats-Unis, à défaut de Mirage français, vont livrer une cinquantaine cette année à Israël, mais que l'U.S. Navy commence à trouver un peu anciens devant les chasseurs à géométrie variable dont l'U.R.S.S. s'équipe depuis plus d'un an. De son côté, l'U.S. Air Force vient de lancer un nouveau programme d'avion à géométrie variable de Mach 2,5 qualifié de F-15, qui tiendrait compte des incidents survenus au

cours de la longue mise au point du F-111. Assez exceptionnellement, la technique française y participe. Ling-Temco-Vought s'est en effet laissé séduire par les excellents résultats obtenus en 1967 chez Dassault sur son Mirage G et en a acheté l'an dernier la licence.

L'Europe occidentale ne pouvait évidemment négliger une formule adoptée à la fois aux Etats-Unis et en U.R.S.S. Restait à déterminer un programme et à répartir les fabrications entre les industries des pays intéressés. L'élimination de la France s'imposait. Ne venait-elle pas de se retirer du programme franco-britannique d'avions à géométrie variable, sur l'incitation de Dassault qui n'aime pas beaucoup les études en participation et qui pouvait invoquer à l'appui de sa thèse le coût et les délais de Concorde ? En juillet 1968, les gouvernements allemand, britannique, italien et néerlandais s'accordèrent sur le principe d'un programme qualifié de MRCA-75 (*Multi Role Combat Aircraft*), pour un avion à missions multiples qui entrerait en service en 1975. Le nouvel avion remplacerait, pour la Grande-Bretagne, la commande des General Dynamics F-111 aujourd'hui annulée et, pour l'Allemagne, les Lockheed F-104 G qui ont causé beaucoup d'ennuis.

Les difficultés commencent avec la définition du programme. L'Allemagne, l'Italie et les Pays-Bas désirent un monoplace, mono-réacteur, au poids voisin de 15 000 kg ; il devrait décoller à pleine charge en 450 m, atterrir en 300 m, ce qui entre tout à fait

dans les capacités de la géométrie variable. Mais la Grande-Bretagne préfère un biplace, biréacteur, au poids voisin de 20 000 kg. Reste ensuite à répartir la fabrication. Sur les 1 200 avions prévus, l'Allemagne, qui passerait commande de 600 à elle seule, s'estime en droit de réclamer la maîtrise d'œuvre. Au choix de la cellule s'ajoute celui du ou des réacteurs, l'Allemagne penchant pour un Pratt et Whitney TF-30 qu'elle ferait construire par son industrie, la Grande-Bretagne réclamant un Rolls-Royce RB-199 qu'elle prépare pour 1972. Pour le moment, le siège de l'organisation est à Munich, avec

Le F-14, futur appareil de première ligne de l'US Navy, n'existe encore qu'en maquette. On sait toutefois que cet intercepteur à voilure variable pèsera moins de 25 tonnes au décollage, qu'il sera construit à 40 % en titane et que chaque exemplaire pourrait coûter de 35 à 40 millions de nos francs actuels.

un directeur dépendant de Messerschmitt-Bölkow et un directeur adjoint de la British Aircraft Corporation.

Reste enfin à venir à bout de l'opposition américaine. Les Etats-Unis ont déjà difficilement accepté la résiliation par la Grande-Bretagne du marché des F-111, mais ils sont obligés de tenir compte de la puissance et des intérêts de l'industrie aérospatiale de ce pays. Ils considèrent au contraire l'Allemagne comme chasse gardée, à la fois pour leurs avions civils et militaires, et se refusent à voir son industrie aérospatiale accéder au rang d'exportatrice fournissant éventuellement Israël, le Pakistan ou l'Afrique du Sud. Ils disposent à son égard d'un sérieux moyen de pression : la présence des troupes américaines en Allemagne. Même la France exclue de la coopération dans le domaine de l'avion européen à géométrie variable, les problèmes qu'il pose sont donc loin d'être résolus.

Camille ROUGERON



L'AVION DE COMBAT SYSTEME D'ARMES

A ses débuts, l'avion, le « plus lourd que l'air » comme on disait alors, constituait une fin en soi. Il permettait à l'homme de se déplacer dans les airs comme l'oiseau. Très rapidement, on s'aperçut des possibilités d'utilisation militaire d'un tel engin. Du haut des airs, on pouvait observer l'ennemi, lui tirer dessus, lancer des grenades ou des bombes. Peu à peu, l'avion, de simple véhicule, allait devenir le support d'armes diversifiées.

Au fur et à mesure que les armements embarquables se perfectionnaient, le travail du pilote devenait de plus en plus compliqué. Pour des appareils dont la rapidité et la maniabilité restaient des facteurs essentiels, augmenter le nombre d'individus à bord ne pouvait être envisagé. Aussi, progressivement, on vit apparaître différents équipements de bord capables de se transmettre automatiquement de l'un à l'autre les informations nécessaires à l'utilisation des armements, afin de présenter au pilote les situations de tir. Le développement de ces systèmes de liaison entre équipements, de ces intégrations d'informations, a amené les techniciens à parler de « systèmes d'armes ».

Les systèmes d'armes

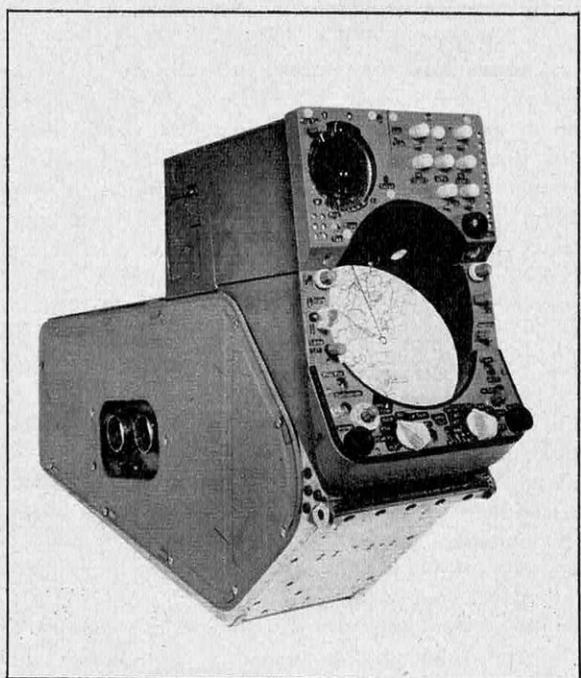
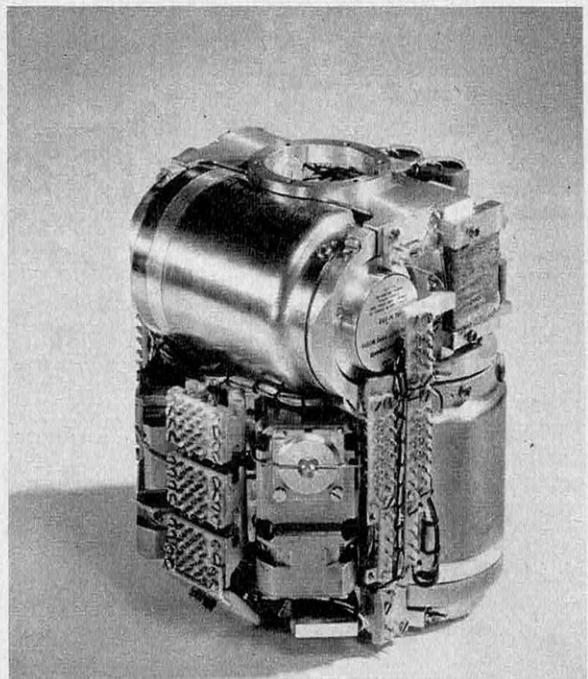
Cette appellation englobe l'ensemble des équipements permettant à un avion de combat de remplir sa mission, juxtaposition d'éléments interconnectés se transmettant des données et capables d'en faire finalement une synthèse.

Le pilote (ou son équipier) de la première guerre mondiale, qui tirait au mousqueton sur l'avion ennemi, devait seul évaluer la si-



tuation et, compte tenu de ce qu'il voyait ou ressentait, déclencher le tir. Actuellement, le problème reste le même, en ce sens que la bonne utilisation d'un système d'armes fait appel à deux fonctions essentielles : la connaissance de la situation qui entraîne la décision, et la surveillance de l'exécution de cette décision.

C'est vers 1948-50 que le pilote s'est vu peu à peu déchargé de certains travaux d'interprétation et d'intégration des paramètres, d'ailleurs de plus en plus nombreux, qu'il lisait sur ses indicateurs de bord.



Actuellement, avec le calculateur de navigation qui donne directement des ordres au pilote automatique et avec le calculateur de tir ou de bombardement qui analyse les paramètres et donne le *top* de mise à feu, la tendance est à la diminution du nombre de ces indicateurs, chacun d'eux donnant plusieurs informations. Ceci facilite la tâche du pilote qui n'a plus à promener ses yeux sur toute la planche de bord pour surveiller son avion. Cela ne signifie pas qu'il devient inutile. Bien au contraire, lié à sa machine, il en reste le maître et doit savoir la manier avec

Les Harrier de la RAF seront dotés d'un système intégré de navigation et de conduite de tir.

Mis au point par Ferranti, l'ensemble est construit autour d'une centrale à inertie (photo en haut de page).

A partir des informations fournies par la centrale, le calculateur de navigation, de type analogique, donne la position actuelle, visualisée en particulier sur écran (ci-dessus, l'ensemble calculateur—dispositif de visualisation).

Le calculateur de conduite de tir reçoit des informations de vitesse instantanée, d'attitude de l'avion, etc., de la centrale à inertie et du calculateur de navigation.

adresse pour se placer dans les meilleures conditions de tir, éviter d'être lui-même abattu et accroître l'efficacité de ses armes. Supervisant un ensemble complexe d'équipements qui dialoguent entre eux et prennent des décisions, le pilote devient ainsi un véritable scientifique. Il doit à tout moment être capable de rattraper les erreurs éventuelles de ces systèmes. Son habileté et son jugement restent irremplaçables.

En France, le premier système d'armes vraiment complet fut celui du Mirage III E. Vint ensuite, pour couvrir une mission très différente, celui, très complet lui aussi, du Breguet Atlantic.

Depuis longtemps, quelques précurseurs en ce domaine avaient imaginé que des fonctions ou des analyses effectuées par l'homme puissent être faites directement par des équipements. C'est ainsi que, dès 1939, un Léo 45 fut équipé d'un embryon de système dans lequel deux matériels différents se transmettaient des informations, l'un d'eux en faisant la synthèse. Plus tard, les bombardiers anglais furent nantis de systèmes beaucoup plus complets (A.P.I.) incluant de petits calculateurs fournissant des indications de navigation. Ces systèmes nécessitaient cependant de nombreux recalages par rapport au sol, toutes les six minutes environ.

Quels sont, en fonction de la notion de « systèmes d'armes », les types de mission qui peuvent être demandés à un avion ?

Il peut avoir à intercepter un autre appareil pour le détruire ; effectuer de la reconnaissance « armée » ; attaquer des objectifs au sol au cours d'une mission d'appui tactique ; bombarder des objectifs ; remplir des missions particulières comme la lutte anti-sous-marine.

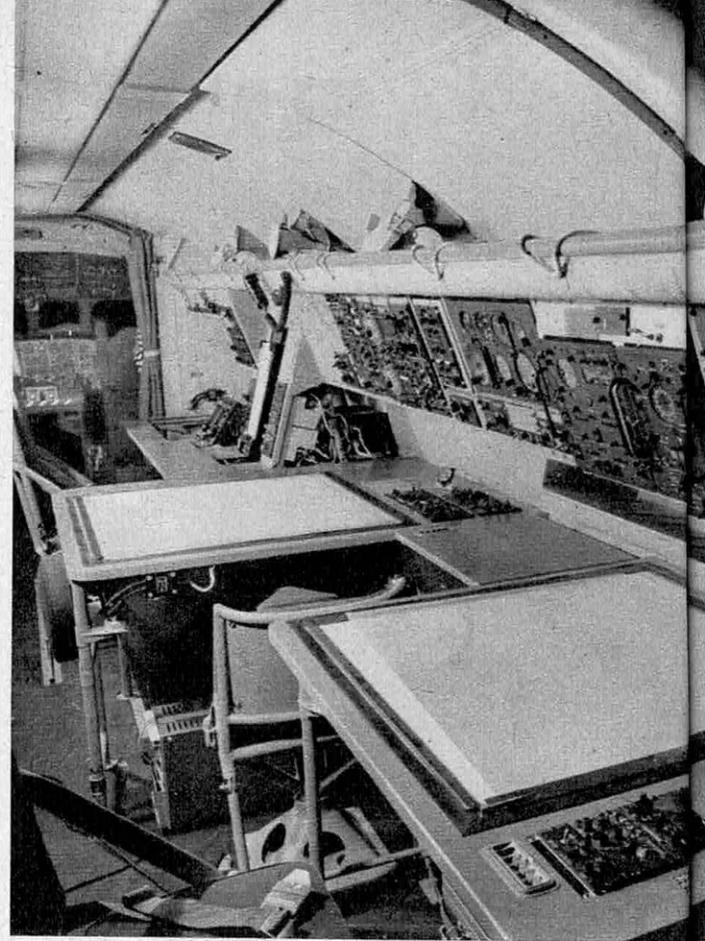
Dans tous les cas, on peut considérer qu'une mission se décompose grossièrement en quatre phases :

- une phase de navigation pour se rendre dans la zone opérationnelle ;
- une phase d'« acquisition de l'objectif » ;
- une phase d'attaque avec les armes de bord ;
- un vol de retour vers la base.

La phase de navigation

Pour cette phase de navigation, deux cas se présentent : ou l'avion utilise un système de navigation autonome, ou il navigue sur indication du sol.

Dans le cas d'un intercepteur, avion rapide donc devant être léger, cette opération de guidage est prise en charge par une station au sol. Par ses radars de surveillance et de



Le patrouilleur maritime Breguet 1150 Atlantic révèle dès l'extérieur sa vocation de système d'armes anti-sous-marins : radome ventral, en avant de la soute à armement ; poutre arrière renfermant le magnétomètre ; détecteur du système de contre-mesures, en haut de la dérive.

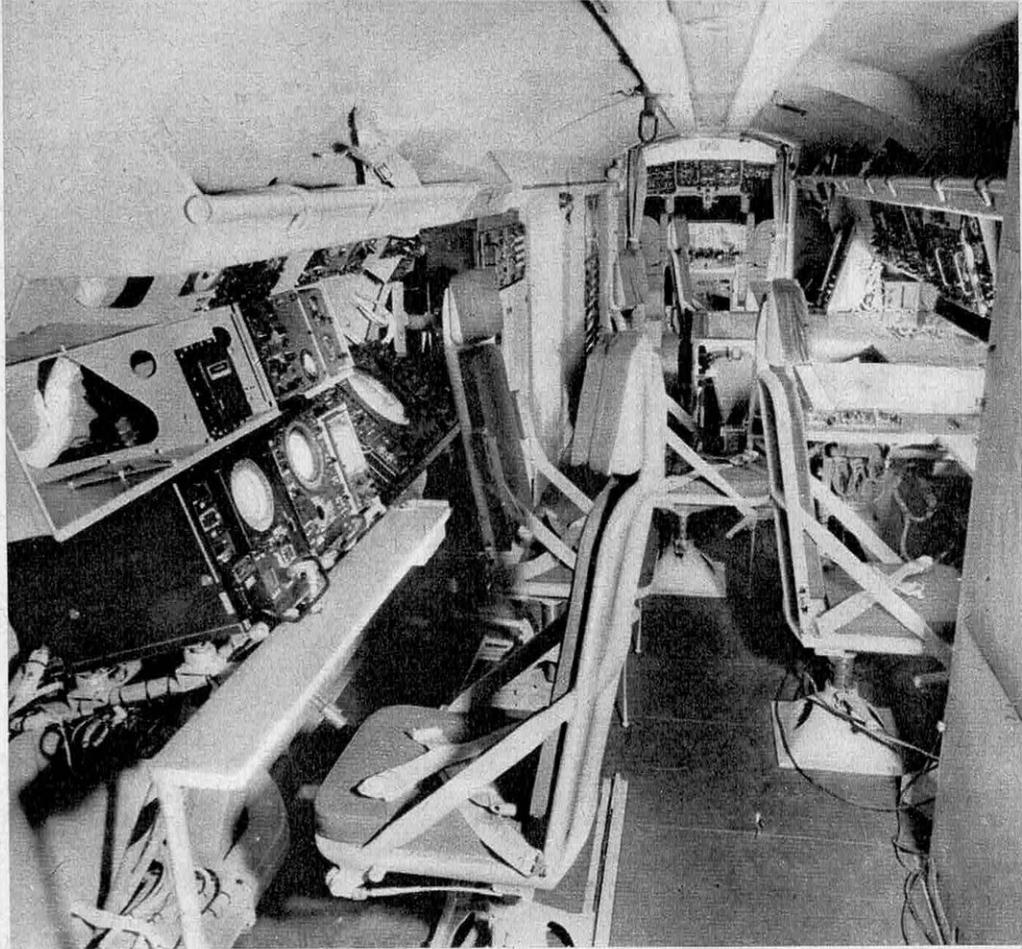
A l'intérieur de la cabine, ci-dessus, les deux tables traçantes respectivement utilisées en phase de recherche et d'attaque. Elles reçoivent des informations du calculateur de bord, complétées, en phase d'attaque, d'informations radar, acoustiques, etc.

A l'arrière de la cabine, photo à droite, le poste de l'opérateur de contre-mesures électroniques. A sa droite, le poste du radariste. On distingue la console-radar inclinée à 45°.

conduite de tir, celle-ci guide l'avion vers son objectif, jusqu'à ce que ce dernier soit « accroché » par le radar de bord. Le pilote lit sur son indicateur de téléaffichage le cap, l'altitude et la vitesse de l'*« hostile »* ainsi que le cap, l'altitude et la vitesse qu'il doit prendre.

Il est bien entendu nécessaire que le pilote dispose à bord d'une référence de cap. Cette référence lui est généralement fournie par une centrale de cap et de verticale.

Avec des moyens de radionavigation comme le Tacan, le pilote peut naviguer en liaison moins étroite avec les équipes au sol.

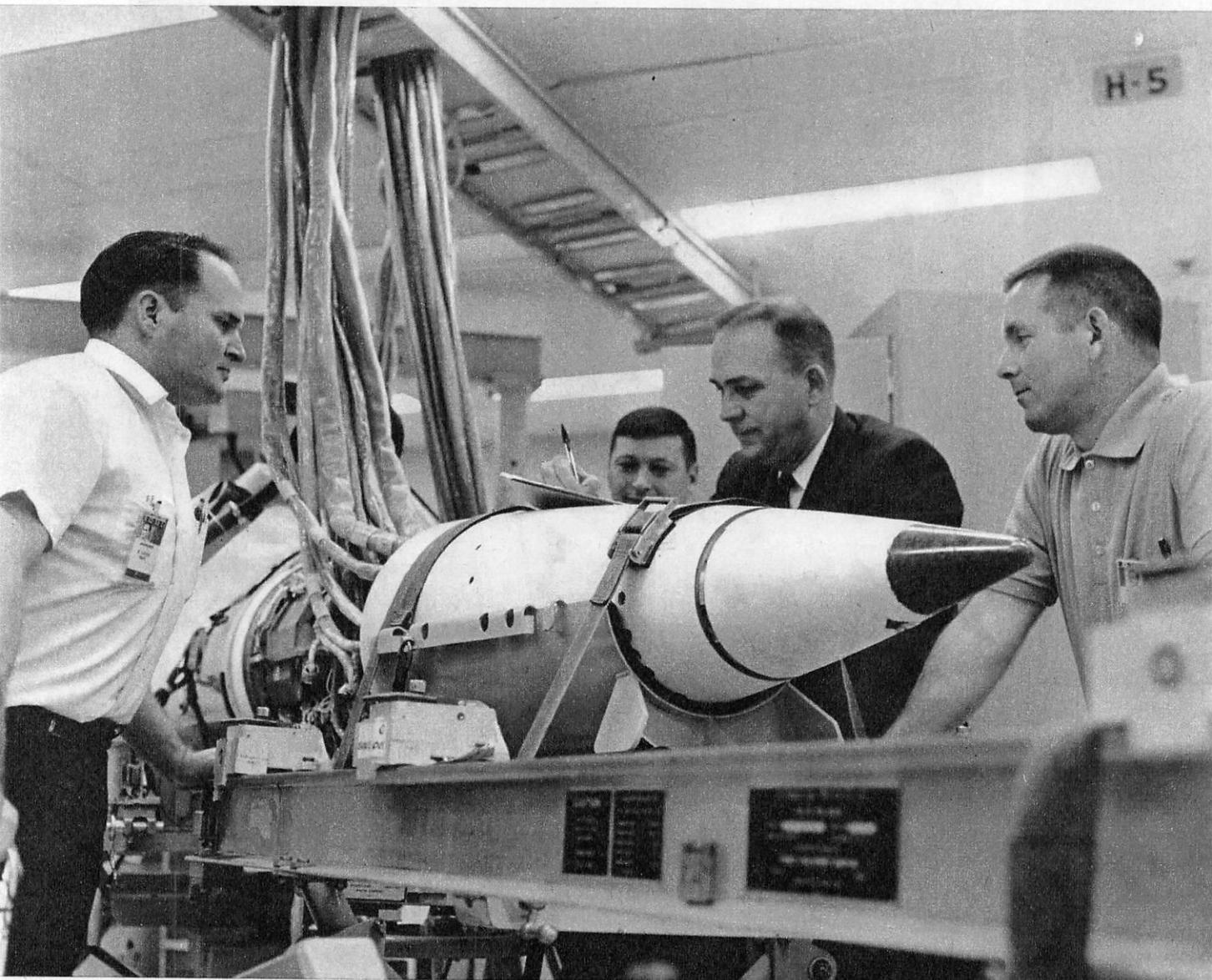


Mais tout ceci suppose qu'une infrastructure existe au sol et reste utilisable. Il faut cependant aussi tenir compte du fait que l'avion de combat peut, en temps de guerre, ne plus pouvoir compter sur une aide quelconque au sol. C'est ce qui conduit à équiper des avions, comme par exemple le Jaguar, d'un système de navigation entièrement autonome.

Naviguer consiste d'une part à déterminer les éléments de la route à suivre (direction et distance), d'autre part à se maintenir sur cette route. L'élément « direction » est, nous l'avons vu, fourni par une centrale de cap ;

quant à la vitesse par rapport au sol, elle s'obtient avec le radar Doppler.

Ces informations sont transmises à un calculateur de navigation qui fournit en continu la position de l'avion. Si le calculateur possède en mémoire les coordonnées de l'objectif, le pilote peut lire sur un indicateur de navigation le cap qu'il tient (information venant de la centrale de cap), le cap à suivre et la distance qui lui reste à parcourir, ces deux informations venant du calculateur. Tous ces éléments peuvent être transmis directement pour exploitation au pilote automatique. Ce système de navigation se trouve,



La réalisation d'un système d'armes opérationnel implique de longs travaux pour l'intégration de l'engin et de son lanceur, la vérification de la « compatibilité » de leurs multiples sous-systèmes électroniques, pneumatiques, etc. Ici, le lanceur est représenté par des équipements électroniques interconnectés avec ceux du missile, l'engin air-sol SRAM de Boeing.

par exemple, sur le Jaguar français, alors que le Jaguar anglais se fonde sur la navigation par inertie. L'avantage de ce dernier système est de rendre l'avion « muet ». Lorsqu'il doit utiliser un radar Doppler, son émission radioélectrique le rend plus facilement repérable.

Dans la navigation par inertie, la vitesse, le cap et la position de l'avion sont obtenus à partir d'un système gyroscopique en mesurant les accélérations du mobile suivant les

trois directions de l'espace. Le calculateur associé à la centrale gyroscopique effectue une première intégration de l'accélération pour obtenir la vitesse. En intégrant une nouvelle fois, il en déduit le chemin parcouru, c'est-à-dire la position de l'avion.

Très chères il y a quelques années, les centrales à inertie tendent, grâce aux progrès technologiques effectués sur les gyroscopes, à se vulgariser. Certaines compagnies aériennes en montent déjà sur leurs long-courriers. Indépendamment des données relatives au cap et à la distance parcourue, d'autres données, comme l'altitude, la vitesse par rapport à l'air, le nombre de Mach, constituent des éléments indispensables à la mission. Ces paramètres, dits « paramètres-air », s'élaborent, à partir de mesures de pression totale et statique et de mesures de température, dans un petit calculateur, la centrale aérodynamique.

Certaines de ces informations apparaissent sur un indicateur, dit altimètre asservi, et sont distribuées au pilote automatique, au radar de bord, au calculateur de tir, etc. Quant au pilote automatique, élément important du système, il agit automatiquement, comme son nom l'indique, sur les commandes de vol. Il permet ainsi au pilote de surveiller la navigation, l'espace aérien autour de lui, son écran radar, autrement dit de se préparer à la phase suivante, l'acquisition de l'objectif.

L'acquisition de l'objectif

Le pilote d'un intercepteur se libère des « supports-sol » lorsque, sur son radar de bord, il a « acquis » son antagoniste. Le radar ne doit plus alors lâcher l'avion ennemi mais évaluer sa distance et sa vitesse.

Pour se présenter en configuration de tir et d'utilisation des armements, l'équipement centralisateur reste le calculateur de navigation. En fonction des armements choisis et des instructions qu'il reçoit des autres équipements, il donne tous les ordres au pilote (humain ou automatique) pour atteindre le but.

Du point de vue de l'armement, selon son type et sa mission, un avion de combat peut utiliser :

- des canons pour le combat air-air ou sol-air ;
- des roquettes, plus particulièrement pour les missions air-sol ;
- des bombes de tous types largables à haute ou basse altitude, avec ou sans loi de descente particulière (parachute, ailettes de freinage, etc.) ;
- des engins air-air ou air-sol ;
- des armements très spécifiques, comme des grenades ou torpilles anti-sous-marines.

Toutes ces armes peuvent se trouver à bord d'un même avion et chacune possède des caractéristiques d'utilisation propres. On conçoit aisément que, pour en tirer le meilleur résultat possible, le pilote doit être assisté. Le largage d'une bombe, par exemple, doit tenir compte de l'altitude de largage, de la vitesse de l'avion porteur, de son angle de piqué, éventuellement de la force et de la direction du vent. Pour tirer au canon, il faut connaître la distance du but, sa vitesse relative par rapport au tireur, son cap, etc. Dans le cas d'un engin, les mêmes problèmes se posent.

Les équipements de navigation renseignent le calculateur de tir ou de bombardement sur la position et la configuration de l'avion porteur ; d'autres, plus spécifiques, informent

ce même calculateur sur la situation de l'objectif qui peut être un avion hostile ou un objectif au sol. Dans le cas d'un intercepteur, nous avons vu qu'il se libère des systèmes-sol lorsqu'il a « accroché » l'objectif sur son radar de bord. Ce radar, dont le tube cathodique permet une visualisation des informations, reçoit bien entendu les échos des objectifs, mais il tient compte également des mouvements de l'avion, de ses accélérations et des paramètres correspondants de la cible. Toutes les informations recueillies par ce radar sont traitées par le calculateur qui en déduit la distance de l'objectif, sa vitesse, son cap. Il compare ensuite cette situation à celle de l'avion porteur et visualise pour le pilote les ordres à donner.

La mise à feu

Lorsque les conditions de tir sont remplies, le pilote ou le calculateur peuvent déclencher la mise à feu. Bien entendu, le pilote conserve toujours autorité sur l'équipement et peut constamment lui interdire l'application des décisions prises.

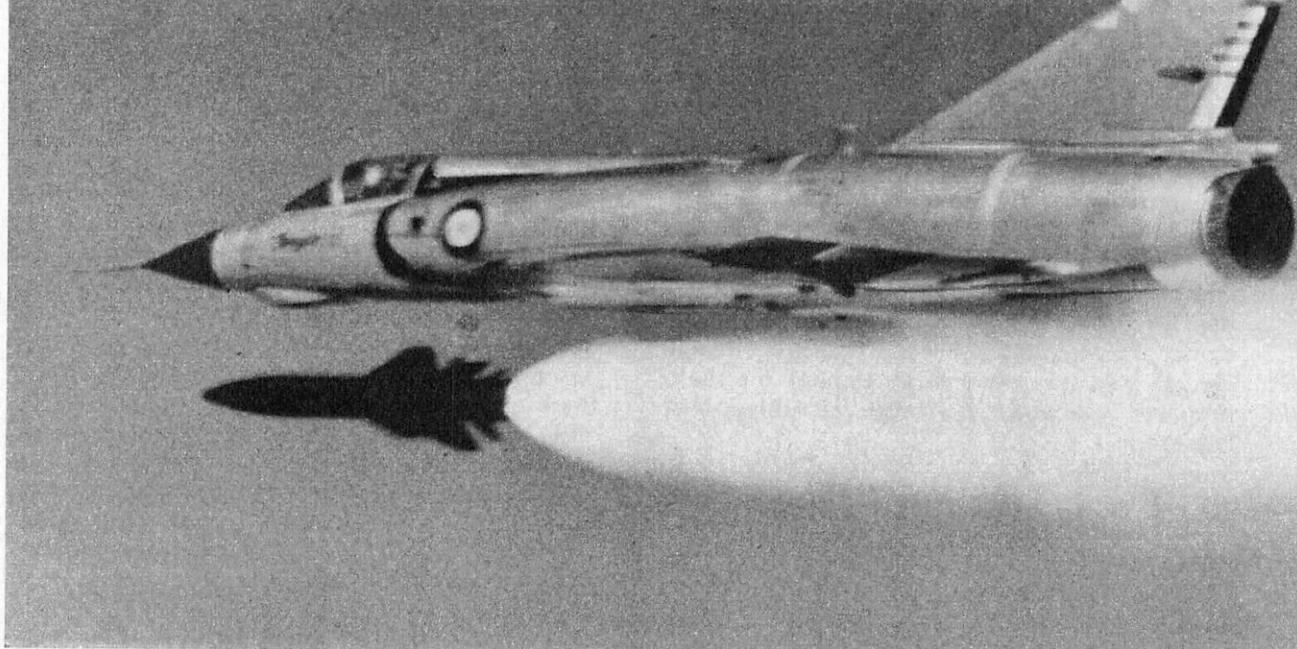
Dans le cas d'engins air-air ou air-surface, le problème se complique quelque peu. Après avoir quitté l'avion porteur, l'engin, qui possède un propulseur, n'a pas une trajectoire balistique. Il faut donc qu'il soit guidé jusqu'à la cible ou tout près d'elle (certains missiles sont munis de fusées de proximité faisant éclater la charge avant l'impact). C'est par ce guidage, qui doit tenir compte d'éléments aléatoires, comme les changements de direction de l'objectif, les brouillages, la turbulence de l'air, l'irrégularité de la propulsion, que le missile se distingue de l'obus ou de la roquette.

Les armes non guidées comme les bombes ou les roquettes présentent le double inconvénient de ne donner qu'une très faible précision individuelle et d'obliger le porteur à s'approcher très près ou même à survoler la cible. En cas de défense anti-aérienne très dense, ceci peut entraîner de sérieux inconvénients.

Parmi les engins utilisés, qu'ils soient air-air ou sol-sol, il existe deux catégories selon le procédé de guidage qu'ils nécessitent : télé-guidage et autoguidage.

Dans le système *téléguidé*, l'équipement d'élaboration des ordres de guidage ne se trouve pas à bord de l'engin, mais dans l'avion. La position relative engin-cible peut être déterminée soit à distance, à partir de l'avion, soit à partir de l'engin. Dans le premier cas, le détecteur de position engin-cible peut être :

- le pilote (cas des AS-12, AS-20, AS-30) ;
- le radar de bord associé au calculateur ;



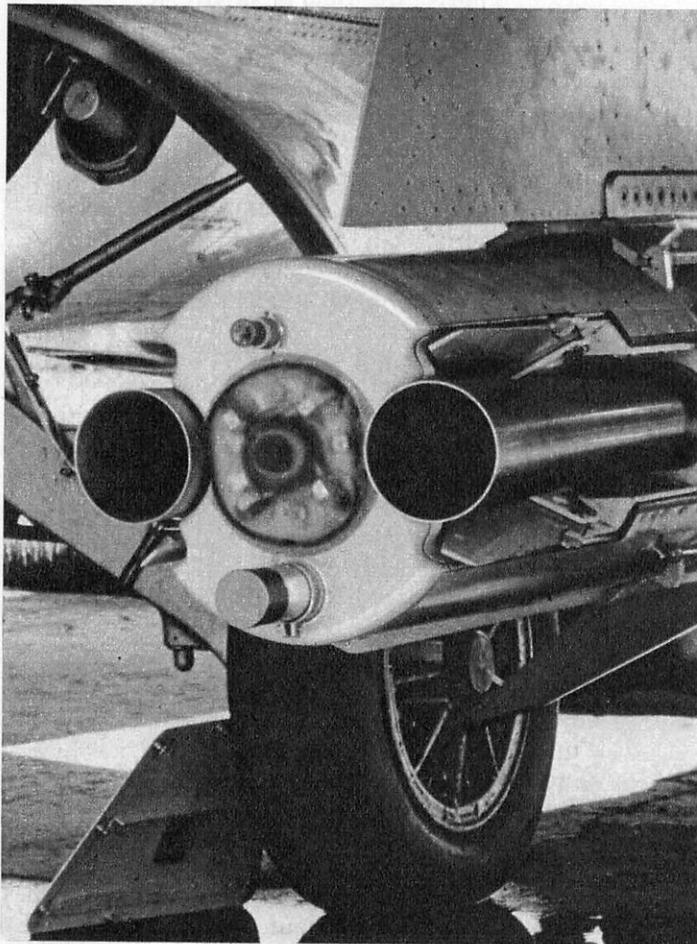
Après avoir tiré un engin anti-radar Martel (ci-dessus), le pilote n'a plus rien à faire et peut immédiatement « dégager ». Le tir peut s'effectuer à plusieurs dizaines de kilomètres de la cible. L'engin est guidé vers elle par son émission électromagnétique, dans plusieurs bandes de fréquences. Dans son autre version, le Martel est équipé d'une caméra de télévision dont l'image, transmise à l'opérateur, permet de télécommander l'engin sur sa cible.

— le pilote et un système de détection dans l'avion, comme le système à infrarouge AS-30 à télécommande semi-automatique.

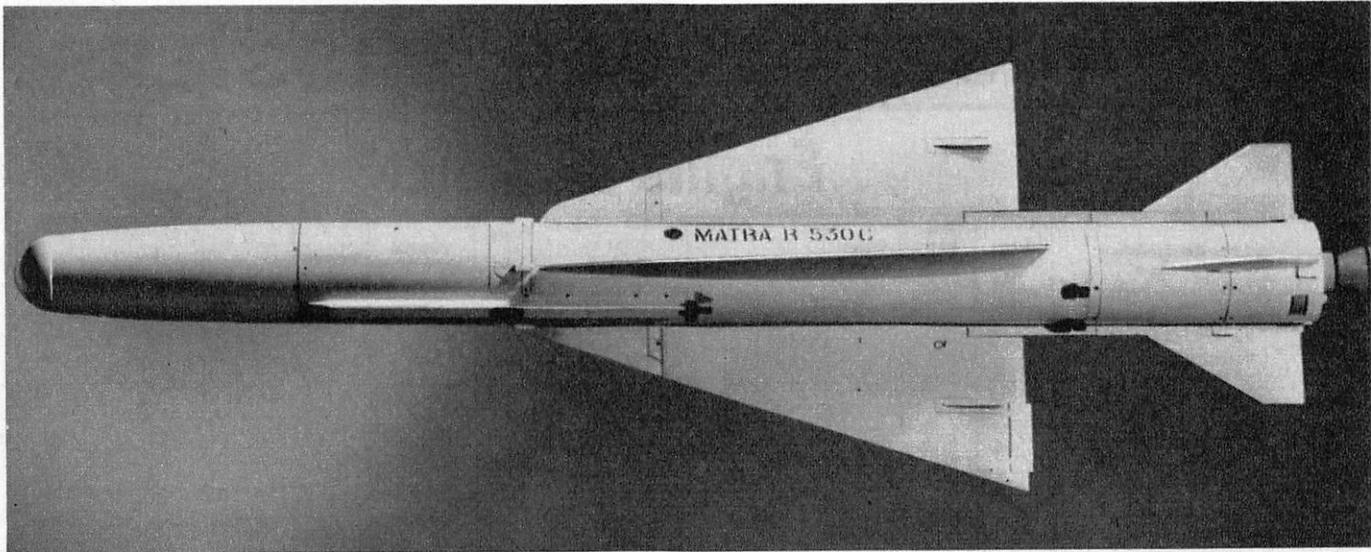
Dans l'autre cas, l'engin détecte lui-même sa position par rapport à la cible. C'est le cas de l'engin franco-britannique Martel, dans sa version équipée d'une caméra de télévision qui transmet ce qu'elle voit au pilote, lequel donne les ordres de guidage en conséquence.

Nous retrouvons cette même distinction lorsqu'il s'agit d'*autoguidage*, c'est-à-dire des systèmes permettant à l'engin de se diriger seul sur la cible sans la participation d'un opérateur extérieur. Ici, les ordres de pilotage sont élaborés par l'engin lui-même. L'autoguidage est dit « direct » lorsque la position relative mobile-cible est évaluée à bord de l'engin. Les engins actuels très sophistiqués à autodirecteur utilisent ce procédé et se dirigent soit sur une source de rayonnement infrarouge (comme l'une des deux versions du Matra 530 ou le Sidewinder), ou une source de rayonnement électromagnétique (Matra 530 et Martel, versions anti-radar).

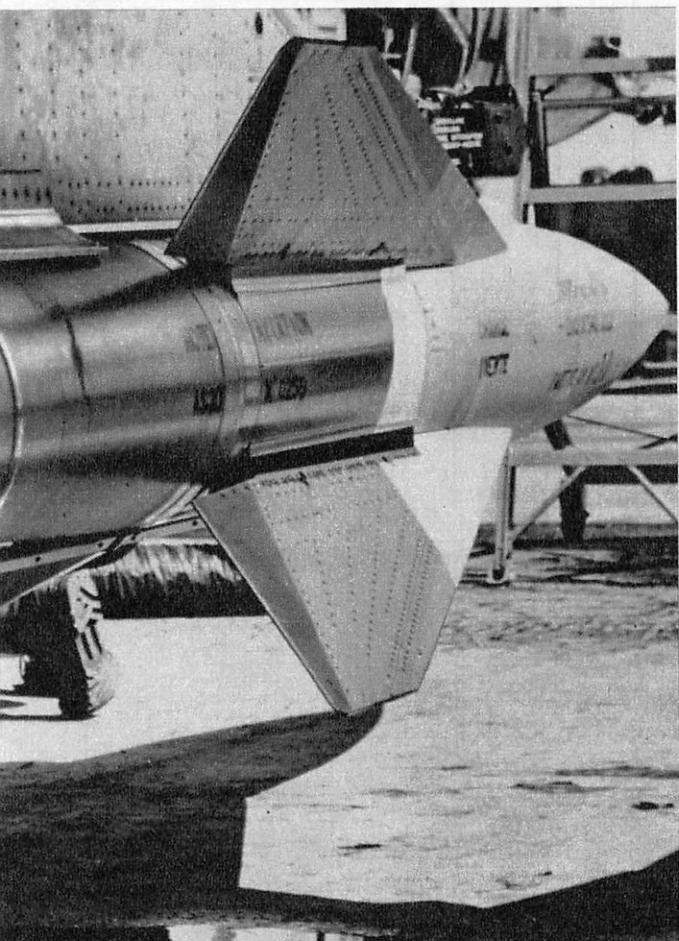
Si la position relative engin-cible n'est pas calculée à bord du missile, il s'agit d'*auto-guidage « indirect »*. La position relative est



déterminée par rapport à un système de référence indépendant des mobiles et, dans ce cas, l'engin se dirige non pas vers le but, mais vers un point de coordonnées données par rapport à un repère fixe dans l'espace. Tous les engins équipés de centrales inertielles entrent dans cette catégorie. Signalons à titre d'exemple, parmi les engins air-sol, l'AS-30 qui permet une distance



D'un poids voisin de 200 kg, long de 3,30 m, l'engin air-air Matra 530 équipe, entre autres, les Mirage III français. Il est propulsé par fusée à poudre à deux étages et atteint Mach 2,7. Plusieurs centaines d'exemplaires en ont été construits. Le guidage sur la cible est réalisé par autoguidage soit infrarouge, soit radar semi-actif. L'engin, à tête interchangeable, peut être indifféremment utilisé selon l'un ou l'autre mode.



Dans sa version de base, le système d'armes AS-30 de Nord-Aviation est à télécommande manuelle, l'opérateur guidant l'engin à vue à l'aide d'une manette à deux degrés de liberté. Une télécommande automatique basée sur un traqueur infrarouge a été expérimentée. L'engin AS-30 transporte une charge offensive de 230 kg à vitesse supersonique et peut être tiré à plus de 10 km de son objectif. Il est doté de deux fusées à poudre (démarrage et croisière).

de tir d'au moins 10 km avec possibilité pour le lanceur de ne pas s'approcher à moins de 3 km de son objectif. Cet engin supersonique (400 à 500 m/s à l'impact) peut transporter une charge offensive de plus de 200 kg et le pilote, après largage, le guide par télécommande. Pour ce faire, il dispose d'un petit manche à balai auxiliaire, à deux degrés de liberté. Une technique de tir valable pour des objectifs d'assez grande taille a été expérimentée avec succès. Deux avions opèrent en file à quelques kilomètres de distance, le premier largue son engin et dégage, le deuxième avion prenant en charge le guidage. Bien entendu, l'utilisation de telles techniques de tir demande un entraînement poussé. Aussi les engins dits de deuxième génération sont-ils à télécommande automatique. Son principe est simple : l'engin est équipé d'un traceur infrarouge et l'avion d'un « traqueur » infrarouge ; ce dernier, associé à un système gyroscopique, donne les écarts de l'engin par rapport à la visée ; ces écarts servent à l'élaboration des ordres de guidage qui sont transmis à l'engin par l'émetteur de télécommande. Le pilote, dans ce cas, effectue sa visée dans un collimateur dont il doit simplement maintenir le réticule sur la cible pendant toute la durée du vol de l'engin.

L. LESLÉE

L'ARSENAL DES MISSILES

Engins air - air

Constructeur Type	Longueur (m)	Dia-mètre du corps (m)	Envergure (m)	Propulsion	Guidage	Poids au lancement (kg)	Vitesse maximum (Mach ou km/h)	Portée (km)	Observations
ÉTATS-UNIS									
HUGHES Falcon	2,00	0,16	0,50	fusée à poudre	autoguidage radar semi-actif ou infrarouge	55	Mach > 2	8	Armement standard de plusieurs intercepteurs tous-temps. Fabriqué aussi en Suède (Saab) en version spéciale pour le Saab Draken.
Super-Falcon	2,15	0,17	0,61	fusée à poudre à 2 étages	autoguidage radar semi-actif ou infrarouge autoguidage	64	Mach 3	11	Version améliorée du Falcon.
Nuclear Falcon	2,13	0,28		fusée à poudre	autoguidage radar semi-actif ou infrarouge	92	Mach 2	8	Peut emporter une charge nucléaire.
AIM-47 A Falcon	3,80	0,34	0,84	fusée à poudre	autoguidage radar semi-actif Infrarouge et radar	360	Mach 6	160	Peut emporter une charge nucléaire.
Phœnix	4,00	0,38	0,91	fusée à poudre	autoguidage radar	380		90	Engin à longue portée.
McDONNELL-DOUGLAS Génie	2,92	0,46	1,00	fusée à poudre	non guidé	370	Mach 3	10	Peut emporter une charge nucléaire. Équipe plusieurs intercepteurs.
NAVAL ORDNANCE Sidewinder	2,87	0,13	0,61	fusée à poudre	autoguidage radar ou infrarouge	83	Mach 2,5	3,5	En service en plusieurs versions dans l'U.S. Air Force et Navy et de nombreux pays de l'OTAN. En service aussi en Australie, Japon, Philippines, Espagne, Suède, etc. Fabriqué aussi en Allemagne Fédérale. Version 1 C à performances améliorées.
RAYTHEON Sparrow III	3,66	0,20	1,00	fusée à poudre	autoguidage radar semi-actif	205	Mach 2,5	13	En service aux États-Unis et en Grande-Bretagne. Version surface-air Sea Sparrow pour l'U.S. Navy.
FRANCE									
MATRA R. 530	3,30	0,26	1,10	fusée à poudre à 2 étages	autoguidage radar semi-actif ou infrarouge	195	Mach 2,7	18	Équipe les intercepteurs Mirage de l'Armée de l'Air et les Crusader de la Marine française. Équipe les Mirage d'Afrique du Sud, Israël et Australie. Fusée de proximité.
GRANDE-BRETAGNE									
HAWKER-SIDDELEY Firestreak	3,20	0,23	0,75	fusée à poudre	autoguidage infrarouge	135	Mach 2	8	En service dans la R.A.F. et la Royal Navy.
Red Top	3,50	0,23	0,90	fusée à poudre	autoguidage infrarouge		Mach 3	11	Équipe le BAC Lightning et le Hawker-Siddeley Sea Vixen.

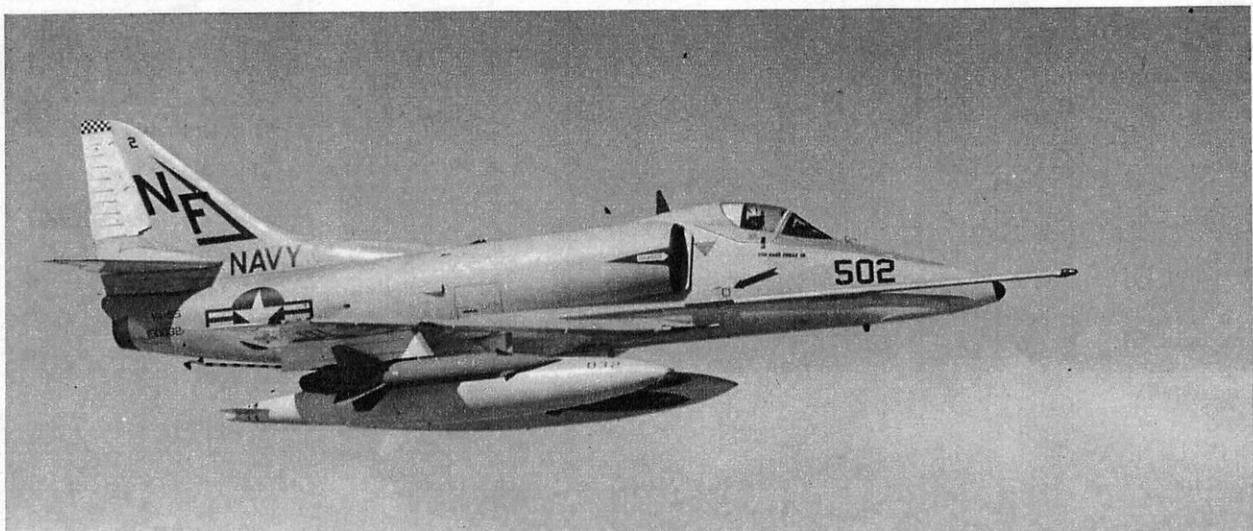
Un engin air-air Red Top, en cours d'installation sur un intercepteur BAC Lightning.



Engins air - surface

Constructeur Type	Longueur (m)	Dia-mètre du corps (m)	Envergure (m)	Propulsion	Guidage	Poids au lancement (kg)	Vitesse maximum (Mach ou km/h)	Portée (km)	Observations
ÉTATS-UNIS									
BOEING SRAM	4,30	0,44		fusée à poudre	par inertie	1 000		200	Dénomination d'après Short Range Attack Missile: engins d'attaque semi-balistique à faible portée. Peut emporter une charge nucléaire. Doit équiper le General Dynamics F-111 et les Boeing Stratofortress B-52.
CHRYSLER Viper	4,15	0,45	1,22	fusée à liquide	par inertie	300		14,5	Engin tactique en cours de développement.
GENERAL DYNAMICS Standard ARM	4,30	0,30	0,30	fusée à poudre à 2 étages	autoguidage radar passif	600			Dénomination pour Anti Radar Missile. Engin anti-radar.
HUGHES Maverick	3,00	0,13			par télévision puis autoguidage électro-optique				Engin en cours de développement.
MARTIN Bullpup A	3,35	0,30	1,00	fusée à liquide	téléguidé	260	Mach 1,8	10	En service dans l'U.S. Navy et l'U.S. Air-Force et dans plusieurs unités de l'OTAN. Fabriqué aussi par un consortium européen.
Bullpup B Blue Eye	4,15	0,45	1,22	fusée à liquide fusée à liquide	téléguidé téléguidé par télévision autoguidage par télévision	800		14	Peut emporter une charge nucléaire. Engin en cours de développement pouvant emporter une charge nucléaire. Bombe planante.
Walleye	3,45	0,38	1,15			500			
NAVAL ORDNANCE Shrike	3,00	0,20	0,91	fusée à poudre	autoguidage anti-radar	175		16	Engin anti-radar de l'U.S. Air-Force et U.S. Navy.
NORTH AMERICAN Condor				fusée à poudre	par télévision			65	Engin en cours de développement pour l'U.S. Navy.
FRANCE									
MATRA AS-37 Martel	4,00	0,40		fusée à poudre à 2 étages	téléguidage contrôlé par télévision ou autoguidage anti-radar passif				Dénomination d'après Missile Anti Radar et Télévision. Réalisé en collaboration avec Hawker-Siddeley. Missions tous-temps de contre-mesures anti-radar. Doit équiper les McDonnell Phantom, Hawker-Siddeley Buccaneer et Nimrod de Grande-Bretagne et les Mirage III-E, Breguet Jaguar et l'Atlantic français.
NORD-AVIATION AS-20	2,60	0,25	0,80	fusée à poudre à 2 étages	téléguidage à vue ou guidage semi-automatique par localisateur infrarouge	143	Mach 1,7	7	En service dans l'Armée de l'Air et la Marine nationale. Équipe aussi les Fiat G 91 de l'Allemagne Fédérale et de l'Italie.
AS-30	3,90	0,34	1,00	fusée à poudre à 2 étages	téléguidage radio ou guidage semi-automatique par localisateur infrarouge	520		12	En service dans l'Armée de l'Air et en Allemagne, Afrique du Sud, Suisse et Grande-Bretagne (Canberra). Version légère AS-30 L (380 kg). Version AS-33 avec centrale à inertie pour guidage en fin de trajectoire.
GRANDE-BRETAGNE									
HAWKER-SIDDELEY Blue Steel	10,65	1,28	4,00	fusée à liquide Rolls-Royce Stentor	par inertie			320	Engin à longue portée tiré d'un bombardier lourd. Porte une charge thermonucléaire.
SUÈDE									
ROBOTAV-DELNINGEN Robot Rb 04	4,50	0,50	2,00	fusée à poudre	autoguidé	600			Bombe propulsée pour attaque des navires. Équipe le Saab Viggen.
SAAB Rb 05	3,60	0,30	0,80	fusée à liquide	téléguidé	300			Engin tactique contre objectifs terrestres ou marins.

Sous l'aile d'un Skyhawk d'attaque embarquée, au premier plan, un engin Bullpup.

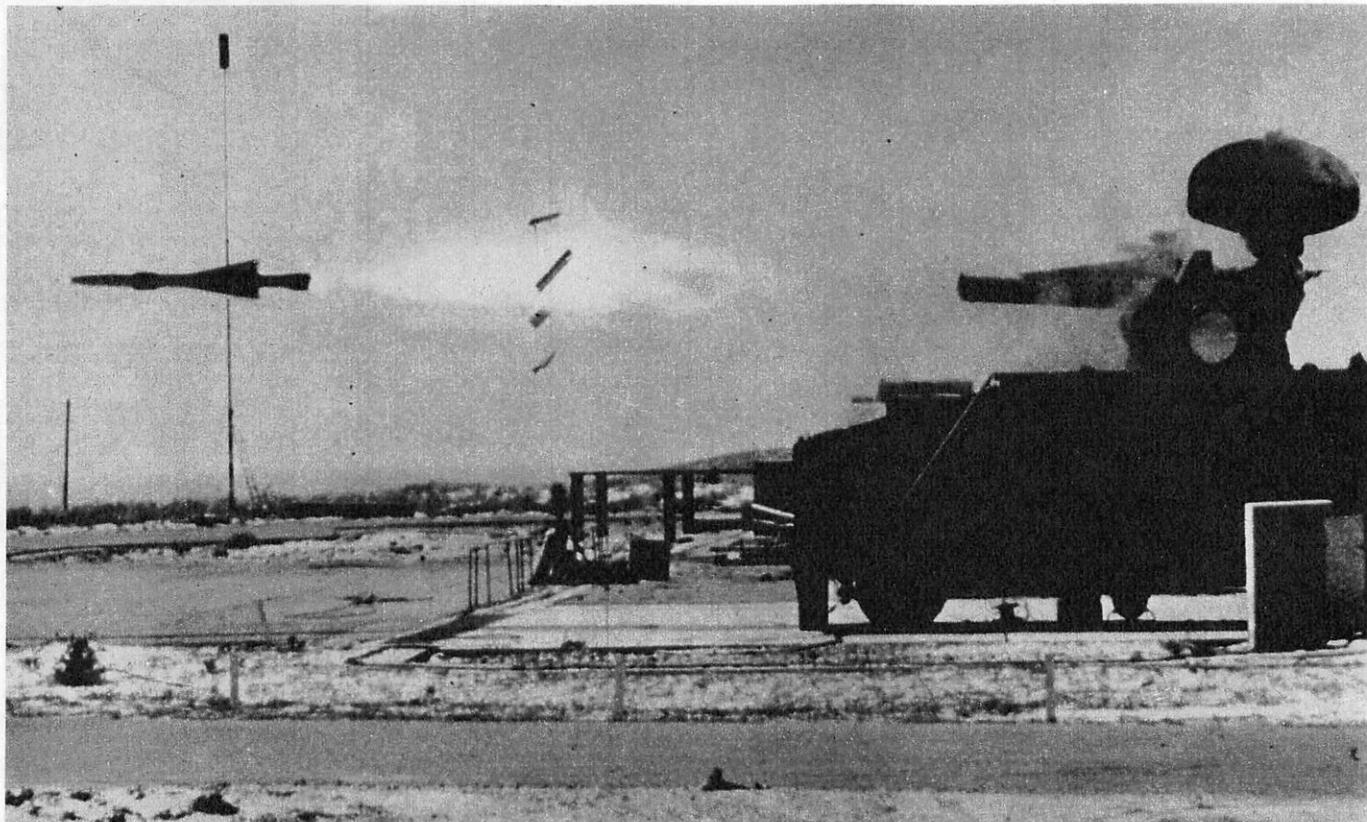


Engins surface - air

Constructeur Type	Longueur (m)	Dia-mètre du corps (m)	Enver-gure (m)	Propulsion	Guidage	Poids au lancement (kg)	Vitesse maximum (Mach ou km/h)	Portée (km)	Observations
ÉTATS-UNIS									
BENDIX Talos	10,00	0,76	2,75	1 fusée à poudre auxiliaire largable et 1 statoréacteur Bendix	faisceau directeur, autoguidage final semi-actif	3 175	Mach 2,5	105	En service sur plusieurs croiseurs de l'U.S. Navy; peut emporter une charge nucléaire.
GENERAL DYNAMICS Redeye	1,22	0,08	0,09	fusée à poudre à 2 étages	autoguidage infrarouge	9			
Tartar	4,60	0,33	0,52	fusée à poudre à 2 étages	autoguidage semi-actif	650	Mach 2,5	16	Engin tiré à l'épaule par tube contre avions volant bas, livré à l'Armée et à la Marine américaines, ainsi qu'à la Suède et à l'Australie.
Advanced Terrier	8,10	0,30	1,50	fusée à poudre à 2 étages	par faisceau directeur, puis autoguidage semi-actif	1 400	Mach 2,5	32	En service dans la Marine américaine, lancement sur affût simple ou double. Équipe aussi certains contre-torpilleurs français, italiens et australiens.
Standard Missile	4,25-7,90	0,30		fusée à poudre à 2 étages	autoguidage semi-actif	600-1 350		24-56	Équipe plusieurs croiseurs, porte-avions et frégates de l'U.S. Navy et des Marines italiennes et hollandaises. Lancement sur affût double. Engin en deux versions petite et moyenne portées destiné à succéder aux Tartar et Terrier.
McDONNELL-DOUGLAS Spartan	16,85	0,92	1,07	fusée à poudre à 3 étages	téléguidage radar			> 160	Engin de défense contre engins balistiques nucléaires équipant le système Sentinel. Porte une charge nucléaire.
MARTIN Sprint	8,23	1,37		fusée à poudre à 2 étages	téléguidé par radar	3 400		40	Engin de défense contre engins balistiques nucléaires équipant le système Sentinel. Porte une charge nucléaire.
PHILCO-FORD Chaparral	2,90	0,13	0,65	fusée à poudre	autoguidage infrarouge	85			Adaptation du Sidewinder. Tiré d'un affût quadruple sur véhicule terrestre.
RAYTHEON Hawk	5,15	0,36	1,20	fusée à poudre à 2 étages	autoguidage radar semi-actif	580	Mach 2,5	35	Dénomination pour Homing All the Way Killer. Engin de défense contre avions volant à basse ou moyenne altitude, tiré d'un affût triple sur véhicule. Fabriqué aussi en Europe (SETEL) et au Japon (Mitsubishi). Engin en cours de développement.
SAM-D				fusée à poudre	téléguidé avec autoguidage terminal semi-actif				
FRANCE									
MARINE NATIONALE Masurca	8,60	0,40	1,50	fusée à poudre à 2 étages	téléguidé ou autoguidage radar semi-actif	1 850	Mach > 2,5	40	Dénomination d'après MARine SUper-sonique Ruelle Contre Avions. Fusée de proximité.
MATRA Crotale	2,90	0,15	0,55		téléguidage radar ou optique	75	Mach > 2,5	8	Engin pour défense contre appareils volant bas jusqu'à Mach 1,2. Système d'arme pouvant être installé sur semi-remorque. Fusée de proximité.
NORD-AVIATION Roland	2,40	0,16	0,50	fusée à poudre	téléguidage automatique par infrarouge	63	Mach 1,6	6	Engin pour défense contre appareils volant bas jusqu'à Mach 1,3. Réalisé en coopération avec Boelkow. Lancement par tube à partir d'un véhicule blindé. Fusée de proximité. Version tous-temps radar Roland II.
GRANDE-BRETAGNE									
B.A.C. Bloodhound	8,45	0,55	2,85	2 statoréacteurs Rolls Royce Thor et 4 fusées auxiliaires largables à poudre.	autoguidage radar semi-actif			80	Armement standard des unités de défense anti-aérienne de la R.A.F. En service en Suède, Suisse, Australie. Fusée de proximité.
Thunderbird	6,35	0,55	1,63	1 fusée à poudre principale, 4 fusées à poudre auxiliaires	autoguidage radar semi-actif				En service dans les régiments d'artillerie anti-aérienne britannique, livré à la Libye et à l'Arabie Séoudite. Fusée de proximité.
Rapier	2,60	0,15	0,36				Mach 2		Engin pour défense contre appareils volant bas. Monté par groupe de 4 sur remorque légère tractée par Land Rover. Engin tous temps en cours de développement pour la Royal Navy.
Sea Wolf									Équipe plusieurs contre-torpilleurs de la Royal Navy. Lancement par rampe double. Fusée de proximité.
HAWKER-SIDDELEY Seaslug	6,00	0,41	1,43	1 fusée à poudre principale, 4 fusées à poudre auxiliaires largables	faisceau directeur				
Sea Dart	4,35	0,42	0,90	1 statoréacteur Bristol-Siddeley Odin, 2 fusées à poudre auxiliaires largables	autoguidage radar semi-actif			25	Engin d'interception d'avions et d'engins volant à haute ou très basse altitude destiné à la Royal Navy. Lancement sur rampe double. Fusée de proximité.
SHORT Seacat	1,50	0,20	0,65	fusée à poudre à 2 étages	téléguidage à vue ou radar				Engin de défense anti-aérienne rapprochée. Équipement standard de la Royal Navy. Lancement sur affût quadruple. Fusée de proximité. Version terre Tigercat.
Blowpipe	1,37	0,075	0,27	fusée à poudre à 2 étages	téléguidage				Arme individuelle pour tir à l'épaule par tube. Fusée de proximité infrarouge.

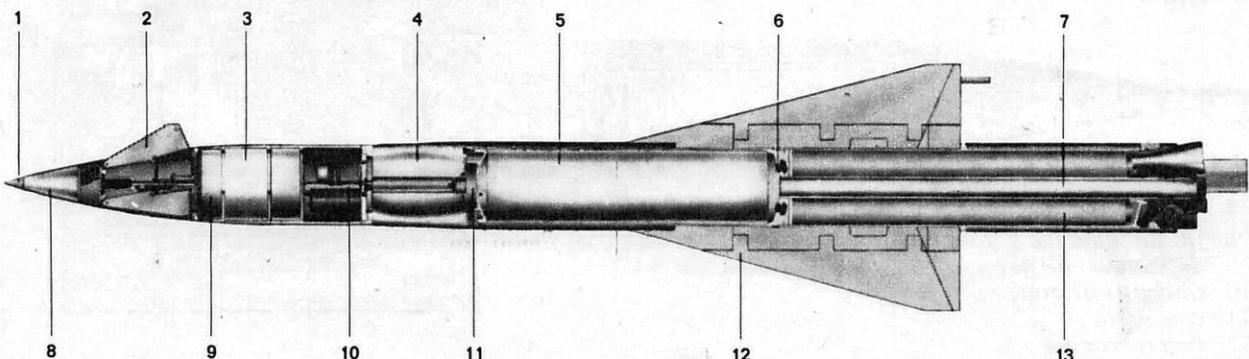
Constructeur Type	Lon- gueur (m)	Dia- mètre du corps (m)	Enver- gure (m)	Propulsion	Guidage	Poids au lance- ment (kg)	Vitesse maximum (km/h)	Portée km	Observations
ITALIE CONTRAVES ITALIANA Indigo	3,10	0,18	0,80	fusée à poudre	par faisceau directeur ou téléguidé	110	Mach 2,5	8	Engin anti-aérien de faible portée. Fusée de proximité infrarouge.
SUISSE CONTRAVES OERLIKON Micron	5,40	0,42	2,00	fusée à poudre à 2 étages	téléguidé	600	Mach 2/3	35	Engin tous temps pour défense contre avions à Mach 2. Lancement par rampe mobile. Fusée de proximité.

Tir d'essai de l'engin de défense antiaérienne rapprochée Roland, par un véhicule équipé d'un radar panoramique de veille.



COUPE DU ROLAND

1. fusée d'impact ; 2. aileron de stabilisation ; 3. récepteur de télécommande ; 4. charge explosive ;
5. propulseur principal ; 6. relais de combustion ; 7. tuyère ; 8. partie optique de la fusée de proximité ;
9. partie électronique de la fusée de proximité ; 10. pilote automatique ; 11. cordon allumeur ; 12. voilure ; 13. propulseur de démarrage.

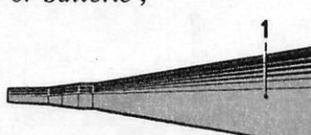


Engins surface - surface

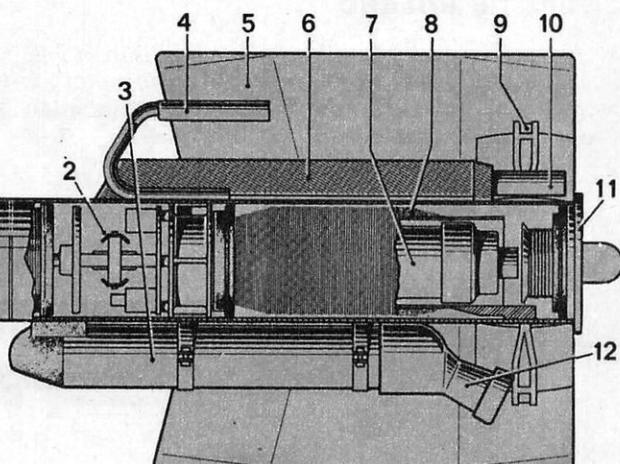
Constructeur Type	Longueur (m)	Dia-mètre du corps (m)	Envergure (m)	Propulsion	Guidage	Poids au lancement (kg)	Vitesse maximum (Mach ou km/h)	Portée (km)	Observations
ALLEMAGNE									
BOELKOW 810 Cobra	0,95	0,10	0,50	fusée à poudre à 2 étages	par fils	10	300	1,6	Engin léger antichars. Peut être transporté et tiré par un seul homme. En service en Allemagne fédérale et dans plusieurs pays de l'OTAN.
ÉTATS-UNIS									
BOEING Minuteman III	18,20	1,90		fusée à poudre à 3 étages	par inertie	34 500	Mach 22	13 000	Désignation I.C.B.M. pour InterContinental Ballistic Missile. Lancement en silo. Vecteur de charges thermo-nucléaires.
HUGHES Tow				fusée à poudre à 2 étages	par fils	22			Désignation pour Tube-launched Optically-tracked, Wire-guided. Engin antichars pouvant être tiré d'un véhicule terrestre ou d'un hélicoptère.
LOCKHEED Polaris A 3	9,45	1,37		fusée à poudre à 2 étages	par inertie	16 000	Mach 10	4 000	I.R.B.M. (Intermediate Range Ballistic Missile). Engin balistique à portée intermédiaire. Lancement à partir d'un sous-marin en plongée (16 engins par sous-marin). Vecteur de charges thermo-nucléaires.
Poseidon	10,35	1,85			par inertie	27 200		4 000	Engin de même classe que le précédent et destiné à lui succéder. Vecteur de charges nucléaires multiples.
LING TEMCO VOUGHT Lance	6,10	0,56		fusée à liquide	par inertie simplifié	1 450		48	Engin d'artillerie pouvant emporter une charge nucléaire. Lancement sur rampe mobile. Version navale d'assaut Sea Lance.
McDONNELL-DOUGLAS Dragon				plusieurs petites fusées à poudre	téléguidé infrarouge	6,5		1	Engin antichars tiré à l'épaule par tube.
MARTIN Pershing	10,55	1,00		fusée à poudre à 2 étages	par inertie	4 530		640	Engin d'artillerie pouvant emporter une charge nucléaire. En service aussi en Allemagne Fédérale.
PHILCO-FORD Shillelagh	1,15	0,15		fusée à poudre	téléguidé infrarouge	27			Engin tactique d'infanterie tiré par tube monté sur véhicules divers, éventuellement sur hélicoptère.
SPERRY Sergeant	10,50	0,80	1,80	fusée à poudre	par inertie	4 550		120	Engin d'artillerie de portée moyenne. Peut emporter une charge nucléaire.
US ARMY MISSILE COMMAND Honest John	7,60	0,75	1,40	fusée à poudre	non guidé	2 050	Mach 1,6	32	Engin d'artillerie tiré sur rampe. Peut emporter une charge nucléaire. En service dans l'U.S. Army et le corps des Marines et plusieurs pays de l'OTAN.
Little John	4,40	0,30	0,60	fusée à poudre	non guidé	355		16	Engin d'artillerie à grande mobilité tiré sur rampe. Peut emporter une charge nucléaire.
FRANCE									
NORD-AVIATION Entac	0,82	0,15	0,38	fusée à poudre à 2 étages	par fils	12	300	2	Désignation pour ENgine Téléguidé Anti-Chars. Peut être tiré d'un affût multiple sur Jeep. Armement standard pour la France, Belgique, Canada, États-Unis, Indonésie, Australie, etc.

COUPE D'UN ENGIN SOL-SOL COBRA

1. ogive interchangeable ;
2. système gyroscopique ;
3. propulseur de démarrage (largable) ;
4. poignée de transport ;
5. voilure ;
6. batterie ;

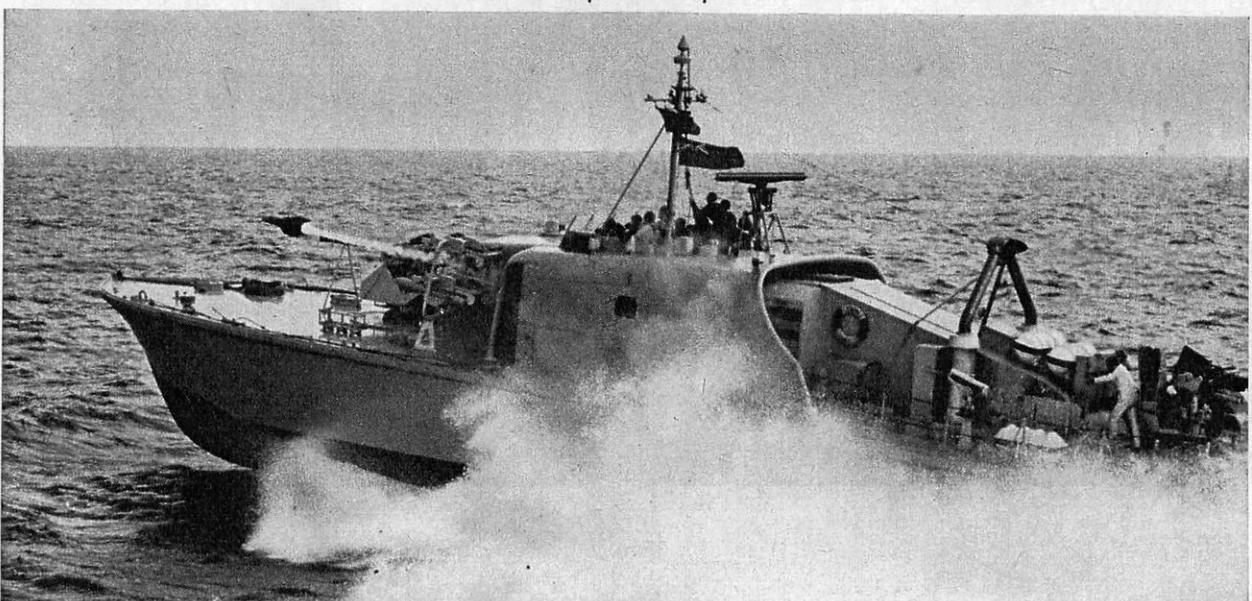


7. propulseur principal ;
8. fil de guidage ;
9. déflecteur de jet ;
10. traceur infrarouge ;
11. couvercle ;
12. tuyère coudée.



Constructeur Type	Longueur (m)	Dia-mètre du corps (m)	Envergure (m)	Propulsion	Guidage	Poids au lancement (kg)	Vitesse maximum (km/h)	Portée (km)	Observations
SS-11	1,21	0,16	0,50	fusée à poudre à 2 étages	par fils	30	580	3	Engin antichars. Peut être tiré d'un véhicule terrestre, d'un hélicoptère, d'un avion lent ou d'unités navales légères. Version dérivée Harpon avec guidage semi-automatique par localisateur infrarouge.
SS-12	1,86	0,21	0,65	fusée à poudre à 2 étages	par fils	76	680	6,5	Version évoluée du SS-11 (version air-surface AS-12). Éventuellement guidage semi-automatique par localisateur infrarouge. Équipé les Breguet Alizé et Atlantic et le P-2 Neptune hollandais. Version navale SS-12 M.
Milan	0,75	0,10	0,27	fusée à poudre	par fils avec guidage semi-automatique par localisateur infrarouge	6,3	640	2	Dénomination pour Missile d'Infanterie Léger ANtichars, réalisé en coopération avec Boelkow. Lancement dans son container tubulaire de stockage et de transport.
Hot	1,28	0,14	0,31	fusée à poudre à 2 étages	par fils avec guidage semi-automatique par localisateur infrarouge par inertie simplifié	20	1 000	4	Dénomination pour High-subsonic, Optically-guided Tube-launched. Réalisé en coopération avec Boelkow. Lancement par tube comme le précédent. Tiré de chars, véhicules spéciaux ou hélicoptères.
Pluton				fusée à poudre				120	Engin tactique pouvant emporter une charge nucléaire, monté sur char, réalisé en collaboration avec Sud-Aviation.
MM.38 Exocet	5			fusée à poudre à 2 étages	téléguidage puis autoguidage	700		38	Engin mer-mer tous-temps en cours de mise au point.
SEREB SSBS	18	1,50		fusée à poudre à 2 étages	par inertie	30 000		3 500	Dénomination pour Sol-Sol Balistique Stratégique. Lancement à partir d'un silo. Vecteur de charges nucléaires.
MSBS	11	1,50		fusée à poudre à 2 étages	par inertie	18 000		2 500	Dénomination pour Mer-Sol Balistique Stratégique. Destiné aux sous-marins nucléaires français de la classe Redoutable (16 engins par sous-marin). Vecteur de charges nucléaires.
GRANDE-BRETAGNE									
B.A.C. Vigilant	1,10	0,11	0,28	fusée à poudre à 2 étages	par fils	14	560	1,6	Dénomination pour Visually Guided Infantry Light ANti-Tank missile. Peut être transporté et tiré par un seul homme. Peut équiper des véhicules légers.
Swingfire	1,07	0,17	0,37	fusée à poudre à 2 étages	par fils			3	Engin antichars tiré d'un véhicule ou d'un char.
ITALIE									
CONTRAVES ITALIANA Mosquito	1,10	0,12	0,60	fusée à poudre à 2 étages	par fils	14	330	2,4	Engin léger anti-chars. Peut être transporté et tiré par un seul homme. Peut équiper des hélicoptères.
Sea Killer	3,75	0,20	0,85	fusée à poudre	par faisceau directeur ou téléguidé	168	Mach 1,9	10	Engin léger pour petites unités navales. Version Mk2 avec fusée à 2 étages, portée 18 km.
JAPON									
KAWASAKI Kam-3 D	0,95	0,12	0,43	fusée à poudre à 2 étages	par fils	16	300	1,8	Engin antichars pouvant être tiré de véhicules divers ou d'hélicoptères.
SUÈDE									
BOFORS Bantam	0,85	0,11	0,40	fusée à poudre à 2 étages	par fils	7,5	300	2	Engin antichars léger pouvant être transporté et tiré par un seul homme. Équipement standard de l'armée en Suède et en Suisse. Peut être tiré d'avions légers et d'hélicoptères.

Départ d'un SS 12, à bord d'une vedette rapide Vosper.

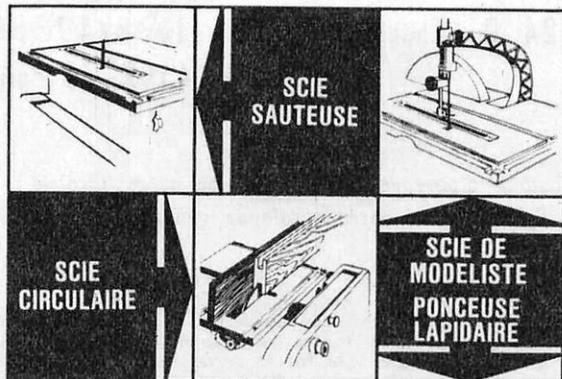


Engins anti-sous-marins

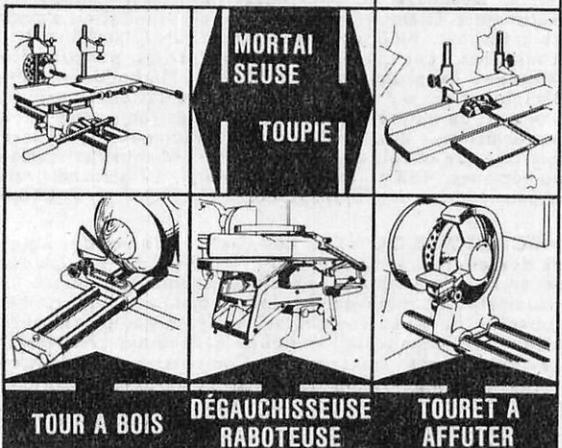
Constructeur Type	Lon- gueur (m)	Dia- mètre du corps (m)	Enver- gure (m)	Propulsion	Guidage	Poids au lance- ment (kg)	Vitesse maximum (km/h)	Portée (km)	Observations
AUSTRALIE AIRCRAFT FACTORIES Ikara	3,35		1,52	fusée à poudre à 2 étages	téléguidé				Système d'arme à longue portée larguant par parachute à proximité de la cible une torpille à autoguidage acoustique.
ÉTATS-UNIS GOODYEAR Subroc	6,70	0,55		fusée à poudre à 2 étages	par inertie	1 800		50	Engin à charge nucléaire tiré d'un sous-marin en plongée; trajectoire aérienne puis rentrée balistique dans l'eau au voisinage de la cible.
HONEYWELL Asroc	4,60	0,30	0,75	fusée à poudre largable	non guidé	450		9	Dénomination pour Anti-Submarine Rocket. Engin balistique emportant une torpille à autoguidage acoustique ou une charge nucléaire. Équipe des croiseurs, escorteurs et contre-torpilleurs de l'U.S. Navy.
FRANCE LATECOÈRE Malefon	6,00	0,53	3,00	2 fusées à poudre largables	téléguidé	1 300	830	18	Engin en forme d'avion construit autour d'une torpille de 525 kg à autoguidage acoustique. Lancement par rampe, freinage par parachute de queue à 800 m de la cible et largage de la torpille par inertie.
NORVÈGE KONGSBERG Terne	2,00	0,20	0,35	2 fusées à poudre	non guidé	135			Charge de fond propulsée par fusée. Fusée à retard combinée avec fusée de proximité acoustique.

Mis à feu sur un navire de surface, l'engin Ikara à trajectoire aérienne largue une torpille à proximité de la cible.





MINI machines-outils **EMCO** aux possibilités MAXI



et bien d'autres possibilités encore avec

EMCO star



CREDIT CETELEM
très faibles mensualités.

GRATUIT : Retournez aujourd'hui même ce coupon. Vous recevrez par retour une documentation complète en couleur sur **EMCO-STAR**, la plus petite et la plus complète des combinées à bois. Joindre 3 timbres-lettre pour frais.

Codima EMCO, 2 r. Vernier, Paris 17^e, 380.50.00

Nom.....

Profession.....

Adresse.....

Démonstration chez tous nos concessionnaires.

SV 49

devenez technicien... brillant avenir...

par les cours progressifs par correspondance
ADAPTÉS A TOUS NIVEAUX D'INSTRUCTION
ÉLÉMENTAIRE, MOYEN, SUPÉRIEUR.

Formation - Perfectionnement - Spécialisation.

Préparation aux diplômes d'Etat : **CAP - BP - BTS**, etc.

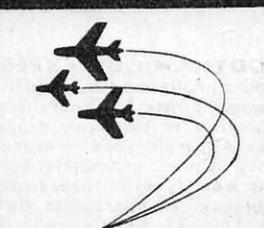
Orientation professionnelle - Placement

COURS SUIVIS PAR CADRES E.D.F.

AVIATION

- ★ Pilote (tous degrés).
(Vol aux instruments),
- ★ Instructeur-Pilote,
- ★ Brevet Élémentaire des Sports Aériens.
- ★ Concours Armée de l'Air.
- ★ Mécanicien et Technicien.
- ★ Agent technique.

Pratique au sol et en vol au sein des aéro-clubs régionaux



ELECTRONIQUE

- ★ Radio Technicien (monteur, chef monteur, dépanneur-aligneur-metteur au point)
- ★ Agent technique et Sous-Ingénieur
- ★ Ingénieur Radio Electronicien.

TRAVAUX PRATIQUES

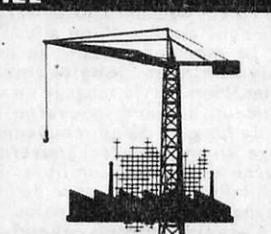
Matériel d'études-outillage



DESSIN INDUSTRIEL

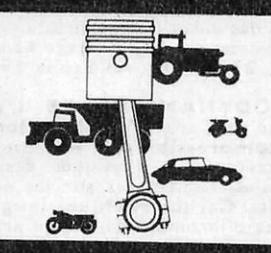
- ★ Calqueur-Détaillant
- ★ Exécution
- ★ Etudes et projeteur-Chef d'études
- ★ Technicien de bureau d'études
- ★ Ingénieur - Mécanique générale

Tous nos cours sont conformes aux nouvelles conventions normalisées. (AFNOR)



AUTOMOBILE

- ★ Mécanicien Electricien
- ★ Diéseliste et Motoriste
- ★ Agent technique et Sous Ingénieur Automobile
- ★ Ingénieur en Automobile



*sans engagement, demandez la documentation gratuite A.B.69
en spécifiant la section choisie (joindre 4 timbres pour frais)*

infra

ÉCOLE PRATIQUE POLYTECHNIQUE DES TECHNICIENS ET CADRES

24, RUE JEAN-MERMOZ • PARIS 8^e • Tél. : 225.74.65

Métro : Saint-Philippe du Roule et F. D. Roosevelt - Champs-Elysées

BON

Veuillez m'adresser sans engagement la documentation gratuite
(ci-joint 4 timbres pour frais d'envoi) SVA3

A DÉCUPER
OU
A RECOPIER

Section choisie
NOM _____
ADRESSE _____



LIBRAIRIE SCIENCE ET VIE AVIATION

24, Rue Chauchat, Paris 9^e - Tél. 824 72 86
C.C.P. 4192-26 Paris

Cette bibliographie, établie d'après le stock d'ouvrages sélectionnés de notre librairie, ne représente qu'une partie des ouvrages figurant dans notre catalogue général. Prix F 6,50

AÉRODYNAMISME

AÉRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. Rebuffet P. — (Cours professé à l'École Nationale supérieure de l'Aéronautique). **Tome I.** Généralités de mécanique des fluides. Phénomènes et principes généraux. Souffleries aérodynamiques. Appareillages de mesure et d'observation des écoulements. Corps géométriquement simples. Aile. Hélice. Avions. Aérodynes à hélices sustentatrices. Liste des planches et tableaux. Monographies de souffleries. Profils d'ailes. 795 p. 16 × 25, 660 fig., relié, 3^e édit. 1969 ... F 168,00
Tome II : Généralités. Moyens d'essais aérodynamiques et appareillages de mesure. Aérodynamiques supersonique des corps de révolution. Problèmes de couche limite. Écoulements bidimensionnels transsoniques autour de profils d'ailes. Écoulements tridimensionnels autour d'une aile. Avions et missiles en écoulements transsoniques et supersoniques. Problèmes de basses vitesses. Problèmes d'aérodynamique interne : prise d'air, phénomènes au culot d'un corps, sorties d'air. Éléments d'aérodynamique hypersonique. 568 p. 16 × 25. 421 fig., 13 planches hors-texte, relié toile, 1966 F 126,00

L'AÉRODYNAMIQUE DU VOL DE L'AVION. Boisson A. — L'air: milieu du vol. L'air au repos; altimétrie. L'air en mouvement; anémométrie. Étude physique de l'écoulement de l'air. L'aile. Caractéristiques géométriques. Écoulement autour d'une aile. Forces aérodynamiques sur l'aile. Le moment de tangage de l'aile. **Caractéristiques aérodynamiques longitudinales de l'avion.** L'avion complet. Moment de tangage en vol rectiligne : gouverne de profondeur bloquée, gouverne de profondeur libre. Moment de tangage dû au mouvement de tangage. Moment de tangage en manœuvre : gouverne de profondeur bloquée, gouverne de profondeur libre. Rôle de l'empennage horizontal. Influence du nombre de Mach sur les caractéristiques aérodynamiques longitudinales. Les compensateurs. L'hélice. **Caractéristiques aérodynamiques transversales de l'avion.** Influence du dérapage et du braquage des gouvernes transversales. Équilibre transversal en vol rectiligne. Effets des vitesses angulaires de roulis et de lacet. Équilibre transversal en vol en virage horizontal permanent. 328 p. 18 × 27, 327 fig. relié toile 1969 F 86,00

AÉRODYNAMIQUE DE L'AVION. Chaffois J. — **Tome I: Caractéristiques longitudinales (en régime d'incompressibilité).** — Rappel des notions de base: Caractéristiques physiques des fluides. Relations fondamentales. Généralités sur les écoulements fluides. **Ailes. Profils. Caractéristiques longitudinales de l'avion (en régime d'incompressibilité).** Caractéristiques géométriques des ailes et des profils. — Caractères aérodynamiques des ailes : portance, traînée, moment de tangage ; influence des modifications de forme géométrique. Hypersustentation. Stabilité longitudinale statique de l'aide volante. — Appareil de formule classique : Polaires. Foyers « manche bloqué », « manche libre » ; courbes « position-manche » et « réaction-manche » en vol rectiligne. Compensation des gouvernes. Points de manœuvre manche bloqué et manche libre ; déplacements et efforts par « q ». — Entrées d'air et prises de pression (statique et d'arrêt). — Effets généraux de la viscosité : nombre de Reynolds ; profils laminaires. — 246 p. 16 × 25, 330 fig., 1962 F 44,00

MÉCANIQUE DU VOL

LA MÉCANIQUE DU VOL. Performances des avions et des engins. George L. et Vernet J.F. — Position du problème. Trièdres de référence. Hypothèses habituelles

du calcul des performances. Les forces de masse. Les forces de propulsion. Les forces aérodynamiques (généralités, régime subsonique). Les forces aérodynamiques en transsonique et en supersonique. Précisions sur les notions d'altitude et de vitesse. Les équations du vol. Considérations sur l'équation de sustentation. Calcul des performances (principe des diverses méthodes). Puissances utilisables et nécessaires. Poussée utilisable et nécessaire (précisions sur les définitions). Caractéristiques du vol en palier. Avions à hélices. Aérodynes à réaction. Étude du virage. Le vol sans moteur. Les accélérations longitudinales. La montée à vitesse pratiquement constante. La montée à vitesse variable. Décollage et atterrissage. Distance franchissable. Autonomie. Exemples de problèmes d'optimisation d'avions de transport. Notions élémentaires sur la stabilité et la maniabilité. Les phénomènes limitant les performances. **Annexe:** La propulsion par l'hélice. Méthode graphique d'exploitation de l'équation de sustentation. Recherche d'une loi de montée optimum. Quelques remarques sur les performances des véhicules hypersoniques terrestres. Exercices de calculs des performances. Abaques et tableaux numériques. 468 p. 16 × 25, 344 fig., 17 planches, relié, 2^e édit. 1969 F 178,00

MÉCANIQUE DU VOL. Les qualités de vol des avions et des engins. — Lecomte P. — Définitions et équations générales. L'équilibre longitudinal. Stabilité dynamique longitudinale. Le mouvement longitudinal : Comportement gouverné libre. La compensation. Synthèses et exigences. L'équilibre transversal. Stabilité dynamique transversale. Le mouvement transversal : Comportement gouverné libre. La compensation. Synthèses et exigences. Les petits mouvements : Séparation des mouvements. Mouvement longitudinal et mouvement transversal : Étude des petits mouvements autour du vol rectiligne. Les méthodes harmoniques. La représentation vectorielle. Le décrochage. La vrille. Les problèmes liés à la vitesse. Compensation. Aérodistorsion. L'influence du nombre de Mach et de la vitesse de roulis sur les qualités de vol. Remarques sur le cas des engins. 400 p. 19 × 28, 280 fig., relié toile 1962 F 107,00

COURS DE MÉCANIQUE DU VOL. Turcat A. — **Vol rectiligne en palier:** Problème de sustentation et de propulsion. Avions à moteurs, à turboréacteurs et fusées, à statoréacteurs. Endurance et rayon d'action. Plafonds. **Vol en montée:** Montée des avions à moteurs et réacteurs. Énergie totale. **Vol en virage:** Limites de manœuvre. Influence de l'altitude et du nombre de Mach. Rayons et temps de virage. **Décollage et atterrissage:** Notes sur le vol dissymétrique et le vol en atmosphère agitée. 160 p. 16 × 25, 115 fig., 2^e édit., 1960 F 28,00

COURS D'AÉROTECHNIQUE. Serane G. R. — Fluides au repos. Fluides en mouvement. Résistance de l'air. Essais. Étude des corps simples dans le vent. L'aile. L'avion. La maquette. Les propulseurs. Mécanique du vol de l'avion. Équilibre de l'avion autour du centre de gravité. Performances d'un avion. Hydravion. Principaux instruments de bord. 358 p. 14 × 22, 324 fig. 3^e édit. 1963. F 34,00

CONSTRUCTION - MOTEURS

FABRICATION DES AVIONS ET MISSILES. Guibert M.P. — **Le plan de fabrication:** Établissement, représentation et exploitation. Généralités sur l'outillage. La fabrication des pièces détachées: Traçage, perçage, mise au contour. Formage. Profilage, cintrage. Forgeage, filage, fonderie. Fraisage à longue course. États de surface. Usinage par étincelage et par ultrasons : usinage chimique.

Traitement. L'assemblage: Rivetage. Soudage. Collage. Nids d'abeilles. Matériaux composites et plastiques. Le montage des ensembles. Cadencement des opérations. Outils d'assemblage. **L'aménagement et le montage final:** Équipement des ensembles. Chaînes de montage final; atelier de piste. L'interchangeabilité. Le contrôle technique. Les fabrications spéciales. **L'évolution des fabrications aéronautiques:** Évolution due aux matériaux et demi-produits; évolution de l'outillage, des procédés, des machines. Évolution de la technique avion; mur de la chaleur. Avions hypersoniques. Fabrication des missiles. 848 p. 19 × 27, 693 fig., relié toile, 1960 **F 136,00**

TECHNIQUE AÉRONAUTIQUE (Avions-Missiles). Maurice de Lorris R. — Généralités, classifications, aperçus de synthèses. Modes de propulsion des appareils volants et missiles. Principes de construction résultant de la mécanique du vol et de la résistance des matériaux. Architecture générale et configuration des avions et giravions; technologie des ensembles et organes principaux. Les problèmes techniques déterminant la conception: caractéristiques, performances, qualités et aptitudes. Les problèmes technologiques déterminant la réalisation: assemblages, installations de bord, servitudes internes et externes. Les engins autopropulsés guidés; classification; description et comparaison des missiles. Le guidage; des systèmes de navigation; téléguide et autoguidage des engins balistiques et spatiaux. Éléments pratiques de technique aéronautique: étude de l'expérimentation des prototypes; modification; variété des problèmes afflents. 256 p. 16 × 25, 53 fig., 20 planches photos, 12 tableaux, 1 dépliant hors-texte, relié toile, 1961 **F 48,00**

ÉLÉMENTS DE CALCUL DE CONSTRUCTION AÉRONAUTIQUE. — Guilleminchmidt P. — Tables, Formules. Technologie. Renseignements généraux: mécanique, technologie des matériaux employés dans la construction. Courbes de flambage établies d'après les formules Johnson-Euler. Résistance des matériaux appliqués à la construction aéronautique. Flambage. Cisaillement. Calcul des noeuds. Flexion. Poutres continues. Centre de cisaillement et centre élastique. — 620 p. 13 × 21, 331 fig. et table., relié toile, 2^e édit. revue et mise à jour, 1952 **F 39,00**

MOTEUR D'AVIONS. Marchal R. — Historique. Le fonctionnement thermodynamique et aérodynamique interne du moteur: propriétés thermodynamiques générales des fluides et des diagrammes. Étude thermodynamique du cycle théorique et du cycle réel du moteur à combustion interne à quatre temps. Étude thermodynamique et aérodynamique du compresseur. Étude du rendement. Le moteur à deux temps. Étude du moteur au point de vue de la résistance des matériaux: étude cinématique de l'emballage. Recherche des efforts dans l'emballage. Calcul de résistance des organes de l'emballage. La distribution. Pièces diverses. Les phénomènes vibratoires dans les moteurs. L'équilibrage. Projet cinématique et de résistance des métaux. **Les fonctions annexes.** Graissage. L'équilibre thermique du moteur. Carburation. Allumage. **Définitions générales relatives aux moteurs d'avions:** Généralités. Règlement de délivrance des certificats de navigabilité. Vocabulaire. Étude des procédés technologiques employés en matière des moteurs. **Les méthodes d'essais:** Généralités. Les dispositions matérielles communes aux trois sortes d'essais. La réduction des essais. Les dispositions spéciales à chacun des types d'essais. Notions sommaires sur les carburants et lubrifiants. 1 vol. de texte, 678 p. 19 × 28, cart. 1 vol. de planches 21 × 27, 73 planches sous portefeuille cartonné, 2^e édit., 1953 **F 149,00**

LE TURBORÉACTEUR ET AUTRES MOTEURS A RÉACTION. Kalinin A. et Laborie M. — Bases de la propulsion par réactions: moteurs, combustibles, matériaux. Turboréacteurs: compresseurs, chambre de combustion, turbine alimentation, allumage. **Énergétique des turboréacteurs:** poussée, puissance, rendement. Turboréacteurs en utilisation: installations, entretien, pannes. Fusées, statoréacteurs, pulsoréacteurs, motoréacteurs, turbopropulseurs, propulsion par réaction et vol vertical: hélicoptères, appareils divers. 402 p. 16 × 25, 280 fig., relié toile, 1958 **F 59,00**

PROPELLION PAR RÉACTION. — Smith G.-G. — Poussée et performances. Propulsion par réaction ou par hélice. Éléments de la turbine à gaz. Système de combustion, alimentation en carburant. Problèmes posés par la métallurgie. Avions propulsés par réaction. Problèmes aérodynamiques. Avions sans queue et ailes volantes. Moteurs compound. Stato et pulso-réacteurs. Propulsion par fusée.

Turbines à gaz à pression constante fonctionnant en cycle fermé: milieux actifs gazeux et liquides. Turbines pour véhicules routiers. Adoption officielle des avions à réaction. Point de vue des techniciens sur la propulsion par turbines à gaz. Productions françaises récentes: turboréacteurs. Pulso-réacteurs. Avions. Hélicoptères. — 440 p. 14 × 22, nombr. fig., 2^e édit., relié, 1952 **F 36,00**

L'HÉLIROPTÈRE. Théorie et pratique. — Lefort P. et Menthe R. — Introduction: Unités S.I. Généralités. Aérodynamique. Configuration du rotor. Éléments constitutifs d'un hélicoptère: Rotor. Groupe moteur. Cellule. Organes de transmission. Commandes de vol. — Calcul des performances et essais en vol. — Stabilité, maniabilité et manœuvrabilité. Problèmes divers de résistance des matériaux. Pratique des hélicoptères: Missions de l'hélicoptère. Hélicoptère Sud-Aviation 3130-Alouette II. Hélicoptère Sud-Aviation 3160-Alouette III. Hélicoptère Sud-Aviation 1221-Djinn. Hélicoptère Sud-Aviation 3210-Super-Frelon. Aperçu sur quelques hélicoptères étrangers. 208 p. 16 × 24, 109 fig., 1963 **F 25,00**

PILOTAGE - NAVIGATION

COURS POUR LA FORMATION TECHNIQUE DES RADIOS MILITAIRES ET CIVILS. Giniaux G. — Modulation de fréquence, lampes O.T.C., nouveaux appareils émetteurs et récepteurs, radars, alimentations stabilisées, etc. 564 p. 13 × 23, 400 fig., 4^e édit., 1957 **F 15,00**

MANUEL DU BREVET DE PILOTE PRIVÉ D'AVION
Tome I: Le voyage aérien (Livres: 1, 2, 3), Belliard R. et Hémond A. — **Météorologie:** La nature de l'atmosphère. Le vent. Les nuages et les précipitations. Les masses d'air; les fronts et les systèmes nuageux. Les phénomènes météorologiques et la sécurité du vol. Assistance météorologique à l'aviation. **Navigation aérienne:** La terre et les cartes. Principes élémentaires de la navigation. Navigation pratique du pilote privé. **Circulation aérienne:** Contrôle du personnel navigant et du matériel volant. Contrôle de la circulation aérienne. Règles de l'air. Signalisation et balisage. Règles particulières. 290 p. 18 × 22, 267 fig., 8 p. photos hors-texte, 4^e édit. 1969 **F 15,50**

Tome II: Connaissance de l'avion léger (Livre 4), Hémond A. — La technique du vol: L'avion et son milieu. L'aile et la sustentation. Le vol. Le contrôle du vol et la stabilité. 120 p. 18 × 22, 178 fig., **F 8,70**

(Livre 5). Le groupe motopropulseur. — Hémond A. — **Principe du moteur d'avion:** Caractères généraux des moteurs à combustion interne. Le moteur à explosion. — **Fonctionnement et réalisation:** Particularités et classification des moteurs d'aviation. Comment sont assurées les fonctions du moteur. — L'hélice: Présentation et description de l'hélice. Comment fonctionne une hélice. Les différents types d'hélice. — **La conduite du moteur:** Les commandes du moteur et le contrôle de son fonctionnement. La mise en route. Les opérations précédant le décollage. La conduite du moteur au cours du vol. Les opérations relatives à l'atterrissement et à l'arrêt du moteur. Pour éviter le givrage du carburateur. — **Les pannes et l'entretien:** Les anomalies de fonctionnement. Notions sur l'entretien du moteur. 112 p. 18 × 22. 89 fig. 1968 **F 10,00**

PREMIERS PAS VERS LE PILOTAGE. Les bases de la méthode française. — Meillassoux F. — Programme d'instruction élémentaire. Fiche de progression Avion. Accoutumance. Démonstration de l'effet primaire des gouvernes. Études de la pente et de la cadence à inclinaison nulle, étude de l'inclinaison. Les procédures (4 parties). Effets moteurs. Utilisation du moteur en vol. Étude du vol aux grands angles, décrochages. Étude des manœuvres au sol. Vol rectiligne en palier, montée, descente. Étude: de l'approche en ligne droite, du décollage vent de face, de l'atterrissement face au vent. Variation et maintien de la pente en virage. Variation: de la cadence en virage, de la cadence à inclinaison et pente constantes. Mise en sortie de virage. Précision du virage. Tour de piste et approche en L. Correction du virage et du vol rectiligne à l'aide de la bille. Virages précis contrôlés à la bille. Étude de l'autorotation. Lexique. 128 p. 24 × 18, 157 fig., relié toile, 2^e édit. 1967 **F 33,00**

INTRODUCTION AU PILOTAGE. Pério E. — Les principes du pilotage. Effets primaires des gouvernes. La sustentation. La finesse. Le décrochage. Le virage. Les effets secondaires. L'altimètre. L'anémomètre. Le variomètre.

La bille. L'indicateur de virage; le gyroscope. L'horizon artificiel. Le conservateur de cap. Le compas. 276 p. 15 x 23,5, 160 fig., 6 photos hors-texte, 1966 F 24,70

ÉLÉMENTS DE PILOTAGE CLASSIQUE. Delime F. — Quelques définitions. Mécanique du virage correct. Actions principales ou effets primaires des gouvernes : Effets secondaires des gouvernes; effets moteurs et de la manette des gaz. Pratique du virage. Déséquilibre en virage; utilisation de la bille. Étude du tour de piste (avions simples). Évolutions avec vent. Manœuvres de sécurité. Annexes. 148 p. 21,5 x 27. 19 fig., 2^e édit. 1968 F 20,00

ÊTRE PILOTE ! Jordanoff A. — Traduit de l'américain par Polart F. Notions d'aérodynamique. Le parachute et son emploi. Les premiers vols. Le décollage et l'atterrissement. Virages, montées et descentes. Pertes de vitesse et vrilles. Le moteur. L'hélice. Votre premier vol, seul. Navigation à vue. L'atmosphère. Le gyroscope et les instruments Sperry. Essences et huiles. Le moteur et son alimentation. Altitude; mélange; puissance. La bougie et la magnéto. Hélices à pas variable. L'avion et sa structure. Le givrage. Autres accessoires. De l'électricité. La radio en aviation. Le vol sans visibilité. L'aviation militaire. Les rafales. Le vol silencieux; le planeur. Les transports aériens. 272 p. 18 x 23, 420 fig., nouveau tirage 1963 F 16,00

LA NAVIGATION AÉRIENNE A GRANDS TRAITS. Molène P. A. — La navigation en général. De l'observation. Le problème de direction. La navigation astronomique. La droite de hauteur. Des diverses routes entre les points géographiques. Instruments de report et d'observation : Les cartes, le sextant. La navigation radioélectrique. Forme de la propagation, onde, longueur d'onde. Emploi des procédés radioélectriques en navigation. Utilisation de l'émission sur la recherche directionnelle. Divers aspects de la radiogoniométrie. Les radios compas. Extension de la méthode radioélectrique; radiophares plus complexes; les ranges. La navigation radioélectrique; le consol; les procédés hyperboliques. Un nouveau moyen classique : le VOR. Autre grand classique de la navigation : le gyroscope. Le radar. Quelques mots sur l'altimétrie. Notes sur les diverses ondes. 288 p. 11,5 x 18, 144 fig. et nbr. illustr. 1962 F 15,00

LA RADIOTÉLÉPHONIE (Manuel du Brevet de Pilote privé d'avion). Séribian B. — Navigation: Cours de radiotéléphonie: Analyse de la radiotéléphonie. La circulation autour de l'aérodrome. La circulation en route. La radiogoniométrie élémentaire. Procédures radiotéléphoniques en route. Compléments. 96 p. 18 x 22, 25 fig. 10 photos hors-texte. 1968 F 9,90

LA MÉTÉOROLOGIE DU NAVIGANT. Viaut A. — Données premières du problème météorologique. Les mouvements de l'atmosphère. Masse d'air. Fronts et cyclones. Les individus météorologiques. Les bases de la protection météorologique de la navigation aérienne. La protection météorologique de la navigation aérienne. 296 p. 16 x 24, 52 illustr. des principaux états du ciel, 7 pl. nouv. édit. 1965 F 40,00

MANUEL DE MÉTÉOROLOGIE DU VOL A VOILE. Bessemoulin J. et Viaut A. — L'atmosphère et les principaux éléments météorologiques. Stabilité. Instabilité. La convection thermique. Formation et évolution des cumulus. Le vol à voile thermique. Action du relief sur l'écoulement de l'air. Le vol à voile dans les ascendances de relief. La circulation générale de l'atmosphère et les fronts. Le vol à voile devant un front froid. Le vol à voile en France. 228 p. 16 x 24, 165 fig. schémas et abaques, 17 photos, 3^e édit. 1967 F 30,70

CONCEPTION ET PERFORMANCES DU RADAR CLASSIQUE. — Delacoudre P. et Sondt J. — Structure générale d'une station radar. Équation générale du radar. Portée et probabilité, de détection. Protection contre les échos de pluie. Échos de sol et système M.T.I. Diagrammes de couverture. Réalisation pratique des dispositifs M.T.I. Système A.T.I. (ou E.E.S.). Calcul de portée et choix des solutions. Perspectives d'avenir. — 224 p. 16 x 24, 234 illustr. 1964 F 37,10

PRINCIPES DU RADAR. Technique de base. Applications des U.H.F. Delacoudre P. — Principes du radar: Principes généraux. Phénomènes vibratoires. Ondes électromagnétiques. Liaisons radioélectriques. Tubes à rayons cathodiques. Les antennes. Les cibles. Éliminations des échos fixes. Parties constitutives d'un radar. Types de radars et index. **Technique des U.H.F.** — Limites des circuits classiques. Lignes de transmissions et stubs. Guides d'ondes. Limites des tubes classiques. Klystrons et magnétron. 216 p. 16 x 24. 400 illustr. 1962 F 19,30

RADARS. PRINCIPES ET FONCTIONNEMENT. — Van Valkenburgh, Nooger et Neville. — Traduit et adapté de l'américain par Matalon J. — L'histoire du radar. La mesure de l'angle, de la distance et de la hauteur. Les bandes de fréquences utilisées dans les radars. Les principes de base du radar à impulsions. Le radar à ondes entretenuées. Les facteurs perturbant le fonctionnement du radar. Les guides d'ondes. L'interrupteur émission-réception (T-R.) Les aériens des radars. 96 p. 15 x 22. Tr. nbr. fig. 1966 F 12,60

DIVERS

L'AVIATION D'AUJOURD'HUI. Lachmitt J. et divers auteurs. — L'aérodynamique et les grandes vitesses. La propulsion des avions. Les techniques et les procédés de fabrication. Procédés de navigation et équipement. Le vol vertical. L'aviation militaire. L'aviation commerciale. Les autres utilisations de l'avion. La météorologie et l'aviation. Les métiers de l'air. L'avenir. Index alphabétique. 464 p. 15,5 x 23, dont 32 en couleurs. 500 illustr. en noir. Relié toile. 1968 F 52,50

ENCYCLOPÉDIE DE POCHE DES AVIONS DE GUERRE. — Voici en deux volumes les principaux appareils de l'aviation moderne de combat en service dans le monde entier. — Ces ouvrages comportent des notices descriptives détaillées et complètes qui intéresseront, non seulement les spécialistes, mais encore les amateurs de modèles réduits et les passionnés de l'aviation moderne :

— **CHASSEURS DU MONDE ENTIER.** Avions d'attaque et d'entraînement. Munson K. Traduit de l'anglais. — 144 p. 12 x 18, 80 planches illustr. en couleurs. Cart. 1967 F 10,20
— **BOMBARDIERS DU MONDE ENTIER.** Avions de patrouille maritime et de transport. Munson K. Traduit de l'anglais. — 146 p. 12 x 18, 80 planches illustr. en couleurs. Cart. 1967 F 10,20

DICTIONNAIRE AÉRONAUTIQUE TECHNIQUE. Anglais-Français — Français-Anglais. Groves H.-W. — Voici le premier dictionnaire dans son genre, utile pour le grand public, essentiel pour les spécialistes. Ce dictionnaire comprend les termes utilisés dans toutes les branches de l'aviation et de l'ingénierie aéronautique. Spécialement conçu pour faciliter des recherches, il énumère, avec exemples à l'appui, tous les emplois techniques des termes importants, évitant ainsi la dispersion des recherches et les pertes de temps. 286 p. 12,5 x 19,5. Relié 1967. F 39,50

COMMANDES PAR CORRESPONDANCE

Les commandes doivent être adressées à la LIBRAIRIE SCIENCE ET VIE, 24, rue Chauchat, Paris (9^e). Elles doivent être accompagnées de leur montant, soit sous forme de chèque bancaire ou de mandat-poste (mandat-carte ou mandat-lettre), soit sous forme de virement ou de versement au Compte Chèque Postal de la Librairie : Paris 4192 - 26. Au montant de la commande doivent être ajoutés les frais d'expédition, soit 10 % (avec un minimum de F 1,40). Taxe urgent: F 1,30. Envoi recommandé : France: F 1,30, étranger: F 2,60.

Il n'est fait aucun envoi contre remboursement.

LIBRAIRIE SCIENCE ET VIE, 24, rue Chauchat, PARIS (9^e)

La Librairie est ouverte de 8 h 30 à 12 h 30 et de 14 h à 18 h 30. Fermeture du samedi 12 h au lundi 14 h.

**toutes les carrières
toutes les études à votre portée
NE RENONCEZ PAS A VOS AMBITIONS !**

l'école universelle



59, boulevard Exelmans - Paris 16^e

vous offre la possibilité de parfaire vos connaissances et d'améliorer votre situation
en travaillant chez vous, **PAR CORRESPONDANCE.**

COURS DE RÉVISION POUR LES EXAMENS.

Demandez l'envoi gratuit de la brochure qui vous intéresse :

AVIATION

- CM 633 : Les Carrières de l'Aviation militaire** : Engagement dans l'Armée de l'Air - Les Ecoles de l'Armée de l'Air - Recrutement et formation des officiers de réserve de l'Armée de l'Air - Les Ingénieurs militaires de l'Air.
- CA 633 : Les Carrières de l'Aviation civile** : Pilote - Brevet de Pilote privé - Fonctions administratives. **Ingénieurs et Techniciens de l'Aviation civile et de l'Industrie aéronautique** : Les Écoles : École d'apprentissage technique de la société nationale Air France - École nationale de l'aviation civile d'Orly - Les Écoles d'Ingénieurs - Les Carrières d'Ingénieur - Les Carrières de Technicien. **Les Carrières féminines dans l'Aviation** : Aviation militaire (personnel féminin), Aviation civile (Hôtesses de l'air).

- T.C. 633 : Toutes les Classes, tous les Examens** : du cours préparatoire aux classes terminales A, B, C, D, E — C.E.P., C.E.G., B.E., E.N., C.A.P., Entrée en 6^e, B.E.P.C., Baccalauréat — Cl. préparatoires aux Grandes Ecoles — **Cl. des Lycées Techniques** : Brevet de Technicien, Baccalauréat de Technicien.
- E.D. 633 : Etudes de Droit** : Admission en Faculté des non-bacheliers. Capacité, Licence, Carrières Juridiques (Magistrature, Barreau, etc.).
- E.S. 633 : Etudes supérieures de Sciences** : Admission en Faculté des non-bacheliers, I.P.E.S., D.U.E.S., 1^{re} et 2^{me} année, Licence, C.A.P.E.S., Agrégation — **Médecine - Pharmacie - Etudes dentaires**.
- E.L. 633 : Etudes supérieures de Lettres** : Admission en Faculté des non-bacheliers, I.P.E.S., D.U.E.L., 1^{re} et 2^{me} année, C.A.P.E.S., Agrégation.
- G.E. 633 : Grandes Ecoles, Ecoles Spéciales** : Industrie, Armée, Agriculture, Commerce, Beaux-Arts, Administration, Lycées Techniques d'Etat, Enseignement. (Préciser l'Ecole).
- O.R. 633 : Cours pratiques : Orthographe, Réécriture, Calcul, Ecriture, Conversation.**
- L.V. 633 : Langues Etrangères** : Anglais, Allemand, Espagnol, Italien, Russe, Chinois, Arabe, Espéranto — **Chambres de Commerce étrangères - Tourisme - Interprétrariat**.
- P.C. 633 : Cultura** : Perfectionnement culturel. **Universa** : initiation aux études supérieures.
- A.G. 633 : Agriculture** : (France et Rép. afric.), Classes des Lycées techniques agricoles : B.E.A., B.T.A., Industries agricoles, Floriculture, Culture potagère, Arboriculture, Elevage, Génie rural, **Radiesthésie, Topographie**.
- C.T. 633 : Industrie, Travaux Publics, Bâtiment** : toutes spécialités, tous examens — Mécanique, Métallurgie, Mines, Chauffage, Froid, Matières plastiques, Chimie - Stages payés (F.P.A.).
- L.E. 633 : Electronique, Electricité** : C.A.P., B.P., B.T.S., Préparations libres.
- D.I. 633 : Dessin industriel** : C.A.P., B.P. - Mécanique, Electricité, Bâtiment, etc.
- M.V. 633 : Métré** : C.A.P., B.P., Aide-Métreur - Métreur - Métreur-Vérificateur.
- E.C. 633 : Comptabilité** : C.A.P., B.P., B.E.P., B.S.E.C., B.T.S., D.E.C.S., Expertise : Certif. de Révision Comptable, C.S. juridique et fiscal, C.S. d'organisation et de gestion des entreprises. **Préparations libres** : Caissier, Chef-Magasinier, Teneur de livres, Comptable, Chef comptable, Conseiller fiscal.
- P.R. 633 : Informatique : Programmation** - C.O.B.O.L.
- C.C. 633 : Commerce** : C.A.P., B.P., B.E.P., B.S.E.C., Employé de bureau, de banque, Sténodactylo, Représentant, Vendeur-Publicité, Assurances, Hôtellerie, - Mécanographie.
- C.S. 633 : Secrétariats** : C.A.P., B.P., B.E.P., B.S.E.C., B.T.S. - Secrétaire de Direction, de Médecin, de dentiste, d'Avocat, d'Homme de Lettres, Secrétariats techniques, Correspondance - **Journalisme - Graphologie**.
- R.P. 633 : Relations Publiques** et Attachés de Presse.
- C.F. 633 : Carrières Féminines** : Ecoles : Assistantes Sociales, Infirmières, Jardinières d'enfants, Sages-Femmes, Auxiliaires de Puériculture - Visiteuses médicales, Hôtesses, Vendeuses, etc.
- C.B. 633 : Coiffure (C.A.P. dame) - Soins de Beauté** : C.A.P. d'Esthéticienne - Visagisme, Manucurie (Stages pratiques gratuits) - **Parfumerie**. Ecoles de Kinésithérapie et de Pédicurie - Diet-Esthétique.
- C.O. 633 : Couture, Mode** : C.A.P., B.P., Coupe, Couture (Flou et Tailleur, Industries de l'habillement) - **Enseignement ménager** : moniteur et professeur.
- D.P. 633 : Dessin - Peinture et Beaux-Arts** : Illustration, Mode, Aquarelle, Peinture, Portrait, Caricature, Nu, Décor - Antiquaire.
- E.M. 633 : Etudes Musicales** : Solfège, Guitare classique, électrique et tous instruments.
- C.I. 633 : Cinéma** : Technique Générale, Scénario, Décor, Prises de vues, de son, Projection, Cinéma 8 et 16 mm - **Photographie**.
- M.M. 633 : Marine Marchande** : Ecoles - Navigation de plaisance.
- C.M. 633 : Carrières Militaires** : Terre, Air, Mer. Admission aux écoles.
- R.T. 633 : Radio** : Monteur, Dépanneur - **Télévision** : noir et couleur - **Transistors**.
- F.P. 633 : Pour devenir Fonctionnaire** : P.T.T., Finances, Travaux Publics, Banques, S.N.C.F., Police, Sécurité Sociale, E.N.A., Préfectures, Affaires étrangères et administrations diverses (Préciser la branche).
- E.R. 633 : Tous les Emplois Réservés** : Examens de 1^{re}, de 2^{me} et de 3^{me} catégorie. Examens d'Aptitude Technique.

*La liste ci-dessus ne comprend qu'une partie de nos enseignements. N'hésitez pas à nous écrire.
Nous vous donnerons gratuitement tous les renseignements et conseils qu'il vous plaira de nous demander.*

ENVOI GRATUIT
N° 633

ÉCOLE UNIVERSELLE

PAR CORRESPONDANCE DE PARIS

59, Boulevard Exelmans - PARIS 16^e

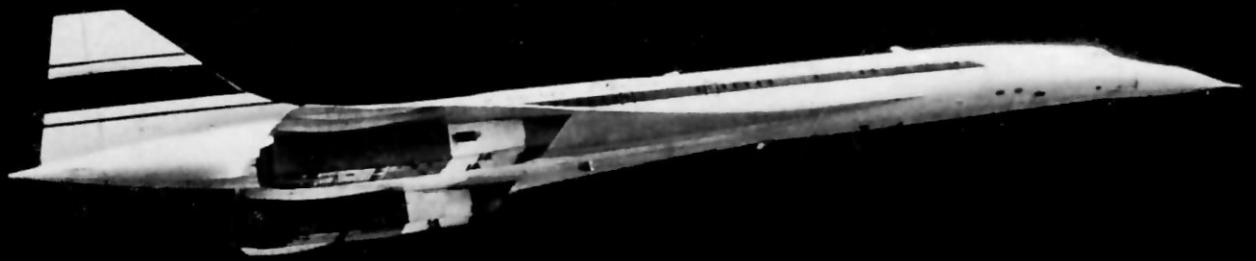
14, chemin de Fabron - 06-Nice - 11, place Jules-Ferry - 69-Lyon (6^e)

NOM, PRÉNOM

ADRESSE

Initiales et N° de la brochure demandée





Sous le signe de la COOPERATION EUROPEENNE

SUD AVIATION développe son activité sur les plans :

du transport supersonique,

avec CONCORDE (SUD-BAC)

du transport à grande capacité,

avec l'AIRBUS A. 300 B

(SUD AVIATION-HAWKER SIDDELEY AVIATION-DEUTSCHE AIRBUS)

des hélicoptères pour tous usages civils et militaires,

avec les - SA 330

SA 341

W.G. 13



(SUD-WESTLAND)

SUD-AVIATION

37, Bd DE MONTMORENCY - 75 - PARIS 16^e - Tél. 224-84-00